


U.S. DEPARTMENT OF HEALTH, EDUCATION, AND WELFARE
Public Health Service
18
36

PROYECTO

DE

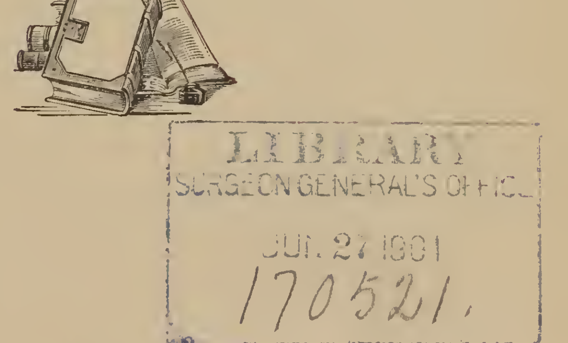
DESAGÜE Y SANEAMIENTO

PARA LA

CIUDAD DE MÉXICO

Que por ordeu del Ayuntamiento
formó el Ingeniero

ROBERTO GAYOL.



MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO

CALLE DE SAN ANDRÉS NÚM 15

—

1892

DESAGÜE Y SANEAMIENTO DE MÉXICO.

INTRODUCCION.

Apenas acababa yo de entrar al servicio del Ayuntamiento como Ingeniero de Ciudad, cuando el Sr. Ingeniero Manuel María Contreras, que tenía á su cargo la comisión de Obras Públicas, me comisionó para que hiciera estudios relativos al saneamiento y desagüe interior de nuestra capital, pues según él me indicó "era el asunto que más le preocupaba."

Algún tiempo después le presenté un informe en que hacía constar el resultado de dicho estudio, emitiendo mi opinión acerca de la naturaleza de las obras que el Ayuntamiento podría emprender por entonces, atendiendo á las condiciones hidrográficas en que la Ciudad y el Valle de México se encontraban colocados, y también asentaba los principios que en mi concepto debían servir de fundamento á los trabajos definitivos que se habían de ejecutar, cuando por la terminación de las Obras del Desagüe General del Valle se estableciera el régimen definitivo de las aguas en los canales que reciben los desechos de la Ciudad.

Asentaba yo en aquel informe, que se le debía considerar como la primera parte, el fundamento, por decirlo así, de otro en que haría constar los detalles de un proyecto completo para un nuevo

sistema de atarjeas, y desde luego me dediqué á colectar los numerosísimos datos que son indispensables para formar ese proyecto.

El Sr. Presidente del Ayuntamiento, General D. Manuel González Cosío, y las personas que sucedieron al Sr. Contreras en la Comisión de Obras Públicas, los Sres. Iglesias, Velázquez y Fernández, dieron también al asunto toda la importancia que tiene, y el Sr. Ingeniero José M. Velázquez inició que se formara la Comisión de Saneamiento, que dirigida por mí, debía colectar los datos de que acabo de hablar para la terminación de ese proyecto.

Fué preciso comenzar el estudio desde sus principios más elementales empezando por levantar un plano exacto de la Ciudad, que es el fundamento de cualquier proyecto de desagüe, que como el que trataba de formar, debía de ser económico, eficaz, á la altura de los conocimientos modernos y que á la vez fuera práctico y factible; todos mis esfuerzos han tendido á realizar este ideal; no sé si el éxito habrá correspondido al empeño que puse para estudiar este asunto de consecuencias trascendentales para el futuro bienestar de la Ciudad; tal vez le falte mucho para llegar al grado de perfección que debía tener, puesto que es tan importante; pero si no tengo embarazo en confesar que no creo yo haber tratado la cuestión con la inteligencia y maestría que su importancia reclama, sí necesito hacer constar, que me he posesionado de esta importancia, que mi empeño por dar al problema una solución satisfactoria, ha estado á la altura de ella, y que por lo mismo los defectos de que adolezcan mis estudios y las conclusiones que de ellos se deriven, no tienen otras causas que aquellas que son independientes de la voluntad.

Desde la época en que presenté al Sr. Contreras el informe de que al principio hice referencia, á la fecha, han variado las condiciones del desagüe de la Ciudad de un modo radical, y sería superfluo transcribir íntegro lo que era aplicable sólo á aquellas circunstancias, y por esta razón suprimo todo lo que al desagüe del Valle se refería. Ahora por fortuna esta grande obra está en vía de ejecución y se trabaja en ella de manera

que se puede asegurar que antes de mucho tiempo estará completamente concluída; pero además de eso disponemos de unas bombas poderosas que nos permiten abatir el nivel de las aguas en el interior de la Ciudad, hasta alcanzar la misma profundidad que tendrán cuando se terminen aquellas obras y por esto es posible emprender la construcción de las atarjeas definitivas, pues cuando proyecté la instalación de dichas bombas, las dispuse de manera que fuera posible obtener este resultado, previendo que se había de presentar la necesidad de alcanzarle.

Todas las ideas generales que entonces emití, es decir, todas aquellas que no se refieren á las circunstancias especiales de nuestra Capital, subsisten sin embargo, pues los estudios teóricos y prácticos que he hecho sobre el mismo asunto y el viaje que hice á los Estados Unidos para estudiar el sistema de saneamiento y desagüe de algunas de las principales ciudades de ese país, sólo sirvieron para confirmar más las conclusiones á que llegué, en todo lo que se refiere á la aplicación de los principios generales que se deben tener en cuenta para formar el proyecto de saneamiento de cualquier población, y á la que, en mi concepto, se debe hacer de esos mismos principios al caso especial de la Ciudad de México.

Aquella parte de mi informe en que traté de esta última cuestión, sí la juzgo, no sólo conducente, sino aun enteramente indispensable para completar el estudio que ahora tengo la honra de presentar, tanto porque es el fundamento del proyecto que formé, cuanto porque habiendo asentado que no subsiste mi primer informe en todas sus partes, creo que es enteramente indispensable consignar cuáles son las modificaciones que tiene que sufrir, y el medio más práctico de conseguirlo será el de tomar de aquél las ideas, los principios y las conclusiones que no se modifican por el cambio que se ha efectuado en las circunstancias de la Ciudad, y con esos datos formar un nuevo estudio que sea verdaderamente la primera parte del proyecto de saneamiento de la Ciudad de México; así tendré oportunidad de presentar algunos datos importantes que adquirí en estos últimos tiempos.

Para dar una idea de la naturaleza del trabajo que emprendí, haré aquí una breve exposición del programa que me propongo desarrollar.

El estudio completo constará de cuatro partes esenciales:

1º—Consideraciones generales acerca de los diversos sistemas de saneamiento que se han empleado en el mundo, conclusiones á que se ha llegado y su aplicación á las circunstancias especiales de la Ciudad de México.

2º—Descripción del Proyecto de Saneamiento y Desagüe de la Ciudad de México y exposición de los datos y principios que se han tenido presentes al determinar cada uno de los detalles del proyecto.

3º—Sistema de construcción, materiales que se han de emplear y costo de la construcción.

4º—Sistema de conservación y su costo.

Voy á entrar de lleno en la cuestión, procurando ser lo más conciso posible, para no fatigar la atención de las personas á quienes interese el asunto y desearen conocer á fondo los fundamentos que tuve para formular mis opiniones y guiar mi criterio, en un problema tan delicado y complejo, y de cuya eficaz solución depende, en gran parte, el porvenir de la Ciudad.

Roberto Gayol.

PRIMERA PARTE.

Consideraciones generales acerca de los diversos sistemas de saneamiento que se han empleado en el mundo, conclusiones á que se ha llegado y su aplicación á las circunstancias especiales de la ciudad de México.

De lo que expresa el epígrafe con que encabezamos este artículo, se deduce que son tres los puntos de que tenemos que ocuparnos:

Primero.—Breve exposición acerca de los sistemas de saneamiento en general.

Segundo.—Conclusiones á que se ha llegado respecto de cada uno de los sistemas de saneamiento y principios que de estas conclusiones se deducen.

Tercero.—Aplicación de los principios generales al caso particular del saneamiento de la Ciudad de México.

CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DE LOS DIVERSOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO.

Pudiera creerse á primera vista que tomamos la cuestión desde sus principios más elementales, y que si esto no tiene objeto, alargamos inútilmente el informe; esta circunstancia nos obliga á dar la razón por qué procedemos así.

Aunque hace ya cerca de medio siglo que comenzó á darse en el mundo civilizado toda la importancia que tiene el asunto del saneamiento de los grandes centros de población, y que en este corto período de tiempo ha hecho tantos progresos que el

conocimiento de todos ellos constituye una especialidad importante de la ciencia del ingeniero, las conclusiones á que se ha llegado no pueden ni con mucho considerarse como generalmente admitidas; se proponen varios sistemas de saneamiento cuya bondad y eficacia se fundan en razones más ó menos poderosas, y aquí mismo, en México, la opinión está bastante dividida, encontrando partidarios aun los medios que en Europa se proscriben por sucios, ineficaces y dañosos; por esto nos creemos obligados á hacer una suscinta descripción de todos, un ligero análisis de sus ventajas é inconvenientes, y por este análisis llegar á la conclusión de lo que á nosotros nos conviene establecer.

Muy larga y tal vez hasta fastidiosa sería la minuciosa descripción de todos los sistemas y de las múltiples variaciones con que se ha tratado de mitigar los defectos que son inherentes á ellos; seremos por esto tan lacónicos como sea posible al señalar esos defectos, y lo haremos sólo para que nos sirva de explicación de por qué excluimos de nuestro plan los sistemas que los tienen. Poco se encontrará de original en nuestro tabajo; pero para inspirarnos hemos tomado las ideas y hechos prácticos que citan notables ingenieros é higienistas que estudian la cuestión de un modo general, y prescindimos por completo de lo que dicen aquellas personas que hacen el panegírico de tal ó cual sistema, porque suponiéndolas apasionadas no nos merecen confianza.

Los sistemas que más comunmente se emplean para la remoción de las excreciones y de todos los desechos de una ciudad, pueden dividirse en tres clases:

1ª—Los sistemas de intercepción ó vía seca;

2ª—Los sistemas neumáticos;

3ª—El sistema de transporte por agua ó vía húmeda.

Sistema de intercepción.—La palabra intercepción, cuando se relaciona con la remoción en seco de las excreciones, significa que se excluyen de las atarjeas á las materias fecales; las atarjeas se emplean entonces para conducir á las aguas pluviales y para los desechos líquidos de las habitaciones, admitiendo ó no

entre ellos á la orina. Todos los sistemas de intercepción admiten que se acumulen los desechos sólidos y que estos sean transportados periódicamente por medio de carros, son los medios más primitivos para disponer de los desechos de las habitaciones, y se emplearon antes de que se construyeran atarjeas. La acumulación de materias infectas presenta serios inconvenientes; cada depósito es un foco de miasmas nocivos que generándose en el interior mismo de las habitaciones, no necesitan ir muy lejos para encontrar víctimas de su perniciosa influencia: no se exagera, pues, al decir que si alguna autoridad ó algún propietario aceptan como bueno el hecho de que las inmundicias permanezcan estancadas en *depósitos, sean cuales fueren ellos*, aceptan que es conveniente establecer en las habitaciones un generador de miasmas que debilite ó destruya la salud de los habitantes envenenando la atmósfera y contaminando el suelo con líquidos impuros. Nadie puede dudar que las materias orgánicas de origen animal producen gases deletéreos y gérmenes de enfermedades cuando entran en descomposición, y para dar una idea de lo que puede el suelo contaminarse en ciertas circunstancias, citaremos un hecho que da á conocer en su primer informe la comisión encargada en Inglaterra de la Inspección de los ríos: "En Charibury, á consecuencia del escape de un barril de petróleo, un circuito de pozos de 18 metros de profundidad, en una área de 259 metros alrededor, se afectó tanto, que los habitantes de quince casas tuvieron que prescindir del uso del agua por espacio de diez días. El ganado de un propietario rehusó tomar el agua del manantial donde estaba acostumbrado á beber."

Estos hechos y otros que pudieran citarse, hacen decir á un ingeniero distinguido, el Sr. Gray, que: "el antiguo excusado de bóveda y depósito, *no puede ser condenado con suficiente dureza;* construído con el objeto premeditado de retener las substancias sólidas dentro de las casas por el mayor tiempo que sea posible, son verdaderos centros de contaminación é infección, las partes líquidas se filtran contaminando el suelo y los pozos de las cercanías, y las exhalaciones nocivas que se desprenden de su infecto contenido envenenan la atmósfera."

A pesar de estos grandes inconvenientes, hay ciertos casos en que es preciso recurrir á los sistemas de intercepción, sobre todo en las haciendas y en las aldeas donde no se cuenta por lo general con la masa de agua y con los recursos que se necesitan, para aplicar otros sistemas que se usan en los grandes centros de población, que es donde adquieren suma gravedad los inconvenientes de los sistemas de intercepción; por esta razón se ha procurado mitigar esos inconvenientes apelando á varios medios que permiten establecer tres maneras distintas el principio que sirve de fundamento al sistema que nos ocupa, que son:

1º—El excusado de bóveda perfeccionado;

2º—El sistema de cubos;

3º—El sistema de excusado de tierra.

Excusado de bóveda perfeccionado.—Se han hecho á esta clase de excusados varias modificaciones que nosotros simplemente indicaremos sin entrar en pormenores acerca de ellas, lo mismo que acerca de los otros sistemas de intercepción, pues aun cuando, como acabamos de decir, ellos son aplicables á los lugares de poca población y escasos recursos, para una ciudad de la importancia de nuestra Capital, no sólo son inconvenientes, sucios y de difícil manejo, sino también muy peligrosos bajo el punto de vista higiénico, por cuya razón se deben proscribir del sistema de saneamiento de las grandes ciudades, entre las cuales colocamos á la Ciudad de México.

La mejora de mayor importancia que se ha introducido en el excusado de bóveda, fué hacerlo impermeable, proveyéndolo de un desagüe para conducir á la atarjea los líquidos excedentes; después se arregló de manera que se pudiera introducir alguna materia deodorizante, como la ceniza ó el carbón, y en ciertos casos se arregló la parte anterior del asiento de manera que no se mezclaran la orina y las deyecciones sólidas, y también se puede considerar como gran paso en la vía del perfeccionamiento, el hecho de que se redujeron las bóvedas á un pequeño espacio debajo del asiento que por sus exiguas dimensiones exigía la frecuente remoción del contenido.

Se usan en Europa y América tipos muy variados de excusados de depósito, pero no detallamos ninguno por las razones que antes expusimos.

Sistema de cubos.—Consiste en el empleo de pequeños receptáculos móviles, que colocados debajo del asiento del excusado, sustituyen al depósito fijo de la antigua bóveda. En su más sencilla forma consiste en una caja de madera dentro de la cual caen las materias fecales, y cuando se llena es vaciada en un carro y vuelta á colocar debajo del asiento.

Mas generalmente, sin embargo, la caja llena se sustituye por otra limpia, y la dificultad que se ha encontrado para asear las cajas rectangulares, ha hecho que se sustituyan por tubos ó cubos redondos ú ovalados.

Hay un sistema que se conoce con el nombre de su autor, Goux, que consiste en forrar el fondo y las paredes del tubo con materias absorbentes; toda clase de materiales fibrosos, vegetales ó animales, que no pueden tener otra aplicación, se emplean con este objeto, mezclándolos en proporciones convenientes con sulfato de cal. Cuando los líquidos exceden en cantidad de la que puede absorber el revestimento, se pierden por completo las ventajas del sistema y es preciso vaciar los tubos con mucha frecuencia, y como por otra parte lo único que se consigue es quitar al contenido de los tubos una parte de su fealdad, sin adelantar nada bajo el punto de vista sanitario, y la materia absorbente por su peso aumenta las dificultades para el transporte. el sistema de Goux no se debe recomendar.

El sistema de cubos se emplea muy extensamente en algunos lugares de Inglaterra, y muy particularmente en Rochdale, Birmingham y Manchester.

En Rochdale los depósitos son medios barriles á los cuales se les ponen asas, y en el interior, á cosa de tres pulgadas abajo del borde superior, tienen un aro de fierro que sirve de apoyo á la tapa.

Los excusados de Rochdale están numerados ordenadamente, en un registro que se lleva en cada Distrito, y por un buen sistema de contabilidad se rectifica el trabajo de los encargados

de la limpia, y cualquiera omisión se descubre inmediatamente. El trabajo se hace de día, y todos los excusados se vacían semanariamente. Cuando se saca un cubo se le cubre con una tapa é inmediatamente se coloca un cubo limpio debajo del asiento. Los excusados están provistos de una puerta en la parte posterior, que permite la fácil manipulación de los depósitos.

Los cubos son transportados en carros de cuatro ruedas en los que se colocan veinticuatro depósitos. Estos carros están provistos de puertas con bandas de caucho que ajustan perfectamente é impiden la salida de los gases.

En 1874 había cinco carros semejantes que hacían el servicio. limpiando semanariamente 3,354 excusados en toda la ciudad En 1875 el número de cubos era de 4,741, y en 1876 ascendieron á 5,566.

Las excreciones son conducidas á un depósito general, donde se les somete á un tratamiento que varía de un lugar á otro.

En Birmingham los depósitos son de fierro galvanizado, los que una vez llenos son conducidos fuera de la ciudad para vaciarlos; inmediatamente después que las materias fecales salen de los cubos, se les agrega cierta cantidad de ácido sulfúrico para fijar el amoniaco, y pasan después á una máquina de desecación, la que consiste en un cilindro calentado con vapor y dentro del cual hay unas palas que agitan sin cesar el contenido. Cuando está seco el material y bajo la forma de un polvo grueso, se empaca para la venta.

El calor que se requiere para esta operación, se obtiene casi exclusivamente por la combustión de las basuras que se colectan en la ciudad, las cuales se transportan todas al establecimiento de beneficio, allí se separan y venden todos los objetos que tienen algún valor, tales como hilachas, huesos, fierro viejo, botellas, etc.; los residuos de la combustión de la basura se emplean también para la fabricación de cemento y algunos otros usos.

El número de cubos que se empleaban en Brimingham hace algún tiempo, era de 4,000 para una población de 25,000 habi-

tantes; y no estaba sin duda bien servida, á juzgar por el hecho de que aumentaba sin cesar el número de cubos.

Ya se puede apreciar por estos ligeros apuntes toda la complicación que trae consigo el sistema de cubos, exigiendo á la vez que un gasto continuo, un trabajo perseverante y diario, sin el cual se afectaría notablemente la salubridad de la población; y es imposible dejar de tener en cuenta que en este sistema se admite la permanencia de las materias putrescibles dentro de las habitaciones, por un período de tiempo mayor que aquel en que comienza su descomposición, y tampoco se puede prescindir del hecho de que el mismo sistema es sucio y desagradable; refiriéndose á él el Sr. Gray, ingeniero americano, dice:

"El sistema de cubos aun en su mayor perfección, es un asqueroso método para colectar y disponer de los excrementos, y su naturaleza es tal, que no debe ser tolerada en ninguna comunidad en estè país."

Sistema de excusados de tierra.—Aunque no con absoluta propiedad, se comprenden bajo esta denominación genérica todos aquellos sistemas en que se mezclan deodorizantes pulverulentos con las materias fecales para hacerlas innocuas durante el tiempo que permanecen en las habitaciones. Estos sistemas pueden ó no emplearse en combinación con el sistema de cubos.

Los tipos más importantes son:

1º—Aquel en que se emplea la tierra, propiamente dicha.

2º—Aquel en que se emplea la ceniza.

3º—Aquel en que se emplea el carbón.

El uso de la tierra tiene numerosos partidarios, pero no tenemos noticia de que en México se haya empleado alguna vez, por esto carecemos de datos prácticos para su aplicación; pero dejaremos hablar al Sr. Buchanan y al profesor W. H. Corfield, que siendo autoridades respetables en asuntos de higiene, á la vez que son dignos de entera confianza, nos proporcionan valiosos datos y razones.

Hablando del sistema de excusados de tierra, el Dr. Buchanan, dice:

"Consiste en aplicar con el mayor cuidado posible, cierta cantidad de tierra seca al excremento humano fresco, y en la subsecuente remoción y uso de la mezcla como abono agrícola.

"Si la aplicación no se hace minuciosamente y con cuidado ó que la tierra no esté seca. ó que el excremento no esté fresco. ó que se trata la mezcla de otro modo, el sistema de tierra es completamente ineficaz.

"Por lo que se refiere al principio del excusado con tierra, son innegables los efectos de ésta. Si á una deyección se mezcla libra y media de tierra apropiada y convenientemente desecada, se previene el mal olor, y si á la misma cantidad se le agrega medio litro de orina, ésta es completamente absorbida. La mezcla permanece inofensiva por dos ó tres meses ó más. El fenómeno que se verifica es una simple desorganización, y alguna combinación entre la tierra y la substancia orgánica, como está comprobado por el hecho de que desaparecen los excrementos, y aun el papel, entre los otros constituyentes del compuesto; pero la ausencia del hedor aun despues de largo tiempo, demuestra que no se verifica la descomposición en el sentido literal de la palabra."

Por estos informes del Sr. Buchanan, se comprende que el empleo de la tierra exige un trabajo continuo y un cuidado extraordinario, así como un aumento considerable en el gasto de transporte, por el aumento de la masa que hay que remover.

El eminente higienista W. H. Gorfield, en un trabajo más reciente, señala otros defectos que vamos á indicar empleando sus propias palabras, en que se expresa como sigue:

"Ya hemos indicado que el principio fundamental para la remoción de las materias fecales por vía seca, es dejar los excrementos dentro de las habitaciones por un cierto tiempo, de hecho tan largo como sea posible, es decir, mientras no ocasionan una molestia intolerable. Nosotros sostenemos que este es un principio erróneo, y tenemos en apoyo de nuestra opinión, hechos que se deducen de la estadística de la salubridad de los habitantes de las poblaciones donde se usan los comunes de depósito.

"Respecto del sistema de comunes de tierra seca, su principio es el mismo á pesar de que su acción es más completa. Aunque se ha demostrado que con él se sustituye ventajosamente á los estanques de depósito, sostenemos con el Dr. Parkes, que no se ha demostrado todavía que la mezcla resultante sea desinfectada tan bien como es deodorizada, mientras que no se demuestre que esto se verifica, es más seguro recurrir aun al asqueroso sistema de cubos, con el cual es imposible permitir que los excrementos permanezcan en las habitaciones, por la gran molestia que ocasionan, que no aceptar un plan que destruye la prevención ó el recuerdo de que el peligro existe, sin destruir el peligro al mismo tiempo.

"Varias veces se ha propuesto, por ejemplo, deodorizar el gas de alumbrado; el resultado de esto sería ciertamente que los accidentes por envenenamiento y explosión aumentarían de un modo extraordinario, pues el componente venenoso por excelencia del gas de alumbrado, el óxido de carbono, es perfectamente inodoro; y de la misma manera, las emanaciones que producen la fiebre tifoidea, no ofenden ni desagradan al olfato, y es sólo una presunción, como el Dr. Parkes dice, el suponer que todo el peligro de que se produzcan desaparezca mezclando con tierra el excremento. Pero aun cuando esta hipótesis llegara á ser un hecho demostrado, la mayor objeción para el sistema, una que es inherente á él por ser un sistema de vía seca, quedaría tan fuerte como siempre, esto es, cada vez que la tierra se agregara en demasiada corta cantidad, que estuviera húmeda ó fuera de mala calidad; ó ya que el aire estuviese húmedo ó que la mezcla se mojara por falta de cuidado ó por cualquiera otra circunstancia, el peligro de infección vendría inmediatamente, y no es necesario decir con cuanta frecuencia, una ó más de estas condiciones pueden presentarse."

Después de estas apreciaciones que hacen autoridades tan respetables como las que acabamos de citar, y que por decir así, gráficamente señalan los defectos del sistema, nada podemos agregar nosotros, sino que por todas ellas y por ser abso-

lutamente opuestos por principios á los sistema de vía seca, no propondremos que para México se adopte, porque aquí hay además que tener en cuenta la incuria, el abandono y aun la malevolencia de una gran parte de la población, pues son elementos que harán fracasar cualquier sistema, por perfecto que sea, si no satisface á la condición de ser automático, es decir, con sólo que exija algún cuidado y tomarse alguno, aunque sea ligerísimo trabajo.

El empleo de la ceniza en vez de la tierra, no ha sido satisfactorio, pues en primer lugar no evita el mal olor, y en segundo lugar la mezcla resultante no tiene las mismas aplicaciones.

Las valiosas propiedades deodorizantes del carbón, han hecho que se use en las mismas condiciones que la tierra, teniendo sobre el procedimiento en que ésta se emplea, la ventaja de que sólo se necesitan tres cuartos de onza de carbón, cada vez que se usa el excusado, lo cual hace que disminuya la cantidad de materia que hay que remover. Subsisten, sin embargo, todos los demás inconvenientes qme tienen los sistemas de vía seca, y tiene aquel que es peculiar al de tierra, que basta omitir algún detalle para que sobrevenga la infeccion con todas sus graves consecuencias.

CONCLUSIONES GENERALES RESPECTO A LOS SISTEMAS DE INTERCEPCIÓN.

Bajo el punto de vista de la higiene, todos los sistemas de intercepción son imperfectos, porque exigen que las excreciones permanezcan depositadas en las habitaciones por un tiempo más ó menos largo, según el sistema que se emplea, y como los desechos se putrifican en dos ó tres días, sólo se obtendrían buenos resultados si se removieran pronto y completamente á cortos intervalos: pero esta condición no se puede satisfacer si no es ocasionando una gran molestia á los habitantes de las casas.

Los sistemas de intercepción también son imperfectos bajo el punto de vista económico, puesto que ninguno de ellos proporciona los medios para expulsar los desechos líquidos, esto es, las aguas del lavado, las de las cocinas y aun las de la orina, de la cual sólo admiten una pequeña cantidad; tampoco se puede hacer con ellos el drenaje del subsuelo y expulsión del agua pluvial: de aquí se deduce, pues, que el establecimiento del más perfecto sistema de intercepción, no suple á un sistema de atarjeas cuando éste es necesario para la remoción de de los desechos líquidos, y por otra parte, el costo de esas atarjeas no se afecta en lo absoluto porque se excluyan las materias fecales, pues su volumen es demasiado pequeño para que por él se tengan que aumentar las dimensiones de atarjeas dispuestas para recibir los líquidos que salen de las habitaciones, y mucho menos si han de recibir también el agua pluvial; y tampoco se modifica notablemente la composición química de la masa de los desechos líquidos, como lo demostró la segunda Comisión nombrada en Inglaterra para estudiar la contaminación de los ríos, después de haber analizado las aguas de atarjea de quince ciudades, en las cuales se impedía la entrada de las materias fecales á esos conductos de desagüe, y las de otras diez y seis en cuyas atarjeas eran admitidos los desechos de todo género.

De aquí se deduce que cuando una ciudad tiene tal grado de cultura y desarrollo que exija el establecimiento de un sistema de atarjeas adecuado para la *pronta remoción de los desechos líquidos*, el costo y gastos que ocasione cualquier sistema de intercepción, constituyen un gasto *adicional é innecesario.*

Suponemos nosotros que nuestra Capital se encuentra en este caso, y aquí tenemos otra razón para no dar ninguna importancia á dichos sistemas.

Pudiera creerse que ellos se deberían emplear, y aun alguien lo ha llegado á proponer que se empleen, sólo provisionalmente, con la pretensión de que mejorarían algo las actuales condiciones sanitarias de la población, haciendo menos infecto el contenido de las actuales atarjeas y sólo mientras se ejecutan

las obras definitivas para el desagüe de la ciudad. Podemos combatir esta idea oponiéndole todos los defectos inherentes á los sistemas de intercepción, y el hecho práctico de que con ellos no se modifica notablemente la naturaleza de los desechos de las habitaciones, así como que para emplear esos sistemas primitivos, por lo mismo que exigen trabajo y cuidado, requieren que se acostumbre el pueblo á su empleo, y no sería sino después de mucho tiempo cuando se consiguiera hacerlos funcionar; por esto carecen de la cualidad de ser un remedio pronto, y creemos haber demostrado que tampoco es eficaz.

SISTEMAS NEUMÁTICOS.

De un modo general se puede decir que los sistemas neumáticos son aquellos en que se usa la presión atmosférica ó el aire comprimido para acelerar la velocidad con que se moverían los desechos de las habitaciones si estuvieran sujetos á la acción de la simple gravedad.

El origen de la invención de los sistemas neumáticos, fué que se trató de remover las materias fecales acumuladas en los excusados de depósito, por medio de unos cilindros de fierro que se transportaban en carros y en los cuales se había hecho el vacío de antemano; estos cilindros aspiraban el contenido de los excusados, pero se juzgó más económico hacer la absorción desde un punto central, enlazando los depósitos de las casas, con la bomba, por medio de tubos herméticamente cerrados. Después vino la idea de aplicar el aire comprimido en vez del rarificado; por esto exigen el establecimiento de máquinas adecuadas para comprimir ó rarificar el aire, según el caso, y la colocación de una red de tubos para confinar el espacio en que esta operación se verifica, debiendo ejercer las máquinas su influencia en uno ó varios puntos en el interior de cada casa.

Puesto que los sistemas neumáticos sólo admiten los desechos de las habitaciones y excluyen de sus conductos el agua pluvial, pudieran considerarse como una variante del *sistema*

Divisor; así es que, aun cuando por emplearse en él fuerzas artificiales, los estudiamos por separado, muchas de las consideraciones que hagamos al ocuparnos de la variante del sistema del *transporte por agua* que se conoce con el nombre de *sistema Divisor*, son aplicables á aquellos de que ahora nos vamos á ocupar, y como una razón poderosa para no aceptarlos en México, aducimos la de que no satisfacen á las condiciones del problema del desagüe y saneamiento, tal como en México se tiene que plantear, y anticipamos esto para explicar así por qué no entramos en muchos detalles al tratar de los sistemas neumáticos, pues no siendo adaptables á las actuales circunstancias de nuestra capital, seríamos innecesariamente difusos hablando demasiado acerca de ellos; pero sin necesidad de hacerlo se comprenderá fácilmente que todos los sistemas neumáticos son de muy costosa instalación, pues además de las máquinas y tubos conductores, es preciso establecer un aparato especial en cada punto en donde el aire viene á obrar como motor, siendo la máquina principal un generador de fuerza artificial que debe mover los desechos *cuando para conseguir un desalojamiento no bastan las fuerzas naturales.* La aplicación de esa fuerza artificial se hace de un modo nada económico, puesto que el efecto útil del generador se subdivide para obrar en muchos y muy pequeños elementos, que representan en suma grandes resistencias.

Por estas consideraciones, llegamos á deducir que los sistemas neumáticos sólo deben aplicarse en *circunstancias muy especiales*, que no son las nuestras; los suponemos buenos en ciertos casos particulares como los que se presentan en algunas ciudades de Holanda, pero muy malos por ahora en México, en donde con menos costo se puede utilizar la fuerza natural de la gravedad, que no exige un gasto constante para hacerla funcionar, y á la vez resuelve el problema de un modo completo y satisfactorio.

Pero para no dar sólo nuestra opinión, sino también aquellas que nos la inspiran, cedemos la palabra á algunas autoridades competentes para juzgar en la cuestión.

El Sr. Gray, ingeniero de la ciudad de Providence, en un informe reciente, dice refiriéndose al sistema de Liernur:

"En Holanda, donde la excesiva depresión y planicie del país hace el drenaje del subsuelo de las ciudades impracticable, si no es con un costo enorme, y donde el drenaje de la superficie forma parte del sistema del drenaje general del país, el sistema de Liernur ha alcanzado su mayor desarrollo. En otras localidades donde esas condiciones no existen, el sistema de Liernur sería excesivamente costoso, requiriendo de hecho una segunda línea de atarjeas, para recoger los derrames de las cocinas, el agua pluvial y la del subsuelo, atarjeas cuyos detalles y costo no se afectarían por la exclusión de las materias fecales."

Transcribimos á continuación un fragmento del informe que rindió en 1876 una Comisión pericial, nombrada por el Consejo del Gobierno local de Londres, para estudiar los diversos medios que se empleaban para expulsar los desechos de las ciudades, cuya Comisión, respecto del sistema Liernur, dice lo que sigue:

"Uno de los más costosos y complicados procedimientos para expulsar las excreciones humanas (no los desechos todos de las ciudades), es el sistema conocido con el nombre de su inventor, el capitán Liernur. El sistema neumático se ha introducido parcialmente en Leyden, Amsterdam y Dordrecht, donde lo hemos visto en acción. Estas ciudades son muy planas y están interceptadas por canales y corrientes de agua; no tienen atarjeas como se usan en Inglaterra, sino que hay arroyos laterales á lo largo de las banquetas, por los cuales corre el agua superficial y los desechos líquidos de las habitaciones......... Si las ciudades de Holanda ó ciertas porciones de ellos por razones de locación y clima, no pueden tener atarjeas según los principios ingleses, y si el sistema neumático es de tan económica aplicación, como cualquiera de los sistemas de cubos, debe de ser mejor bajo tales condiciones para Holanda, porque el transporte se hace al abrigo de la vista y las excreciones pueden removerse diariamente, sin la mano de

obra, molestia y suciedad que son inherentes al sistema de cubos......... Nosotros no conocemos una ciudad inglesa, en la cual si se adoptara el aparato, pudiera ser otra cosa que un juguete muy costoso."

El sistema de Berlier es de un origen más reciente y es más perfecto que el de Liernur; acerca de él podemos decir algo más práctico relativo á su aplicación en México, porque tenemos á la vista las proposiciones que para ello hizo su mismo autor, quien desde luego pide $ 3.000,000 para la instalación, y después una renta de $ 50,000 por espacio de veinticinco años, para ceder á la ciudad el derecho de propiedad.

Hay aún otro sistema neumático en el cual se aplica el aire comprimido á una serie de pequeños aparatos que impulsan á los desechos, cuando los canales que los contienen no presentan suficiente inclinación para que los líquidos adquieran la velocidad que es necesaria para desalojar á los cuerpos sólidos; este sistema, conocido con el nombre de su inventor, Shone, tiene, en concepto nuestro, los defectos mecánicos de que hablamos ántes y el económico propio de todo sistema divisor, que lo hace inaplicable á nuestras circunstancias.

Shone propuso también que en México se aplicara su sistema, pero si se aceptara éste ó el de Berlier, los millones que gastara la ciudad se emplearían en resolver nada más una parte del problema, subsistiendo tan imperiosa como es ahora, la necesidad de construir un sistema de atarjeas para recibir el agua pluvial y ciertos desechos de la ciudad, y como esas atarjeas *costarían exactamente la misma cantidad que si no se hubiera establecido ningún sistema neumático*, la cantidad que en esto se invirtiera sería un gasto extraordinario, y por razones que daremos en su oportunidad, *completamente inútil.*

SISTEMA DE TRANSPORTE POR AGUA.

El sistema de transporte por agua, como su nombre lo indica, es aquel en que se emplea el agua como vehículo para alejar de las habitaciones cierto género de desechos.

Decimos que sólo cierto genero de desechos, para no admitir en principio que los albañales y atarjeas pueden también utilizarse para expulsar la tierra de las barreduras, el estiércol de las caballerizas y esa infinita variedad de objetos inútiles que constituyen la basura y que cierta clase de gente, por ignorancia ó malevolencia, acostumbra arrojar al albañal.

Este sistema, cuando es posible establecerlo, y se construye bajo un proyecto bien estudiado y bien desarrollado, es el que más económica y más eficazmente previene las causas de insalubridad que son propias de los grandes centros de población, pues si se establece con estas condiciones, no permite que se acumulen las substancias putrescibles, dentro ó en la proximidad de los lugares habitados, y verificándose el transporte por a fuerza natural de la gravedad, á la vez que económico es cómodo, porque no exige ese cuidado perseverante, sin el cual los otros sistemas pueden dejar de funcionar, viniendo á ser una amenaza continua para la salubridad de la población donde estén establecidos.

Resuelve, por otra parte, de un modo completo, el sistema del saneamiento de las ciudades, porque estableciendo los colectores de manera que sean tan propios para expulsar los desechos de las casas, como para dar salida á las aguas pluviales, y aun á las del subsuelo que humedecen las habitaciones bajas, se realiza lo más económicamente posible el principio de la *circulación continua* de todos los elementos que constituyen á la materia orgánica, principio que es enteramente indispensable satisfacer para obtener la salubridad, pues infringirlo es oponerse á las leyes inmutables de la naturaleza, quebrantando precisamente aquellas que favorecen la existencia y desarrollo de las vidas animal y vegetal.

El sistema de transporte por agua se subdivide en otros dos: el combinado y el divisor.

El sistema combinado es aquel en que se construye una sola red de conductos donde se admiten los desechos líquidos de las habitaciones, las materias fecales y el agua pluvial.

En el sistema Divisor hay una red de atarjeas construídas exclusivamente para dar corriente á los desechos líquidos y las materias fecales, recibiendo el agua pluvial en otros conductos independientes de los primeros, ó bien dejándola correr libremente por la superficie de las calles cuando esto no presenta inconvenientes.

Ambos sistemas fueron creados por circunstancias distintas, para satisfacer necesidades enteramente diversas, y cada uno es aplicable en ciertas y muy especiales condiciones. Por esta razón encontramos enteramente injustificables los ataques que dirigen á uno ú otro sistema, aquellas personas que dominadas por una preocupación y en ciertos casos por intereses particulares, se declaran partidarias de uno solo y lo consideran bueno para todos los casos que se pueden presentar, mientras que á los otros los juzgan malos en cualesquiera circunstancias.

No es oportuno referir aquí la serie de transformaciones sucesivas por las cuales se han llegado á establecer los sistemas Divisor y Combinado de la manera con que se construyen hoy, porque esa relación es de simple interés histórico y de escasa importancia para el objeto que nos proponemos; pero sí conviene advertir, que aunque los adelantos en esa materia se han hecho tan lentamente y de tal manera que *nadie* puede con derecho decir que es el inventor de ninguno de los dos, sí hay quien abrigue la pretensión absurda de ser el inventor del sistema Divisor, alegando derechos y patentes por su empleo.

Esta es la causa de por qué decimos que á veces los intereses particulares son los que hacen que la opinión de algunas personas se incline á favor de tal ó cual sistema, y sobre todo cuando se trata de los que como los neumáticos, están cubiertos por patentes, pues cada inventor considera su sistema superior á todos los demás; para él ese sistema es una mercancía que necesita vender, y trata de conseguirlo escribiendo libros y cuadernos, siendo los argumentos que contienen dignos de tanta fe, como los que en su caso sirven para propagar el uso de las medicinas de patente. Nosotros no abrigamos la

pretensión de ser inventores, deseamos sólo que México tenga un buen desagüe, y para conseguirlo tomamos todo lo que nos parece bueno, cualquiera que sea la fuente de donde venga, con tal de que en *circunstancias semejantes á las nuestras, haya producido buen resultado práctico;* nuestro criterio es, pues, libre para juzgar con entera imparcialidad; creemos que todos los sistemas, aun los de intercepción, son buenos cuando están bien aplicados, es decir, cuando se adaptan bien á las numerosas circunstancias locales, que en cada población es necesario tener presentes para definir cuál es el que conviene establecer.

Ya sea el interés ó ya la preocupación, los móviles que han puesto en relieve los defectos que se atribuyen á uno ú otro sistema, las discusiones han sido siempre apasionadas; á cada argumento se le opone otro de igual ó mayor fuerza, y resulta, lo que al fin tenía que suceder, cada contrincante se atribuye la victoria, y cada sistema queda como antes de la discusión, aplicable á circunstancias *especiales, pero no á todas de un modo absoluto y general, como pretenden sus apasionados partidarios.*

A propósito de esas personas en quienes predomina una idea, el Sr. Hering hace la siguiente muy oportuna observación:

"El hecho de que hay intereses personales directos, ligados con algunos sistemas, es digno de llamar la atención, así como que aquellos que abogan exclusivamente por un sistema solo, no están por lo general encargados de dirigir y administrar los asuntos de ingeniería de una ciudad populosa, ni están siempre familiarizados con ellos. Los que abogan en pro del sistema Divisor, casi siempre ignoran que es prácticamente posible construir grandes atarjeas, tan perfectas para conducir los desechos como las de pequeño diámetro, y fundan sus opiniones *comparando trabajos perfectos en un caso con imperfectos en el otro.*"

Creemos, por lo tanto, inútil repetir aquí los argumentos que se han establecido en pro y en contra de los sistemas Divisor y Combinado, puesto que no tenemos empeño en hacer un pa-

negírico de ninguno de los dos; nos reservamos todos esos argumentos para el caso de que alguna persona no esté conforme con la conclusión á que lleguemos y la combata con razones, pero no les encontramos un lugar en este informe.

En cambio, sí creemos conducente y oportuno, asentar aquí las condiciones que hacen aplicable cada uno de los sistemas sobre los cuales hemos fijado la atención, y lo podemos hacer sin gran trabajo, porque ya el Sr. Ingeniero Rodolfo Hering lo hizo antes que nosotros y de sus obras tomamos las ideas que son muy racionales y correctas.

CONDICIONES BAJO LAS CUALES SE PUEDE EMPLEAR CADA UNO DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO CONOCIDOS, Y SU APLICACIÓN DIRECTA Á MÉXICO.

Vamos á citar, ordinalmente numeradas, las circunstancias que hacen aplicables, primero, los sistemas de *intercepción*, después, los de *transporte por agua*, y para no repetir inútilmente, desde luego haremos las consideraciones necesarias para investigar cómo se encuentra México, estudiándolo bajo el punto de vista que señalan todas y cada una de las circunstancias, y por este análisis deducir cuál es el sistema de saneamiento más adecuado á sus condiciones locales.

Los sistemas de intercepción deben aplicarse cuando se presentan una ó varias de las circunstancias que se enumeran á continuación:

1º—En ciudades pequeñas donde el gasto para transporte de las excreciones por medio de carros no puede ser de grande importancia.

México no es una ciudad pequeña sino bastante grande, pues ocupa una extensión superficial de 17 kilómetros cuadrados, y el transporte de las excreciones, si tuviera que hacerse de una manera perfecta, sería excesivamente costoso.

2º—En ciudades donde el cambio periódico de los cubos pueda verificarse de acuerdo con ciertas reglas, cuyo cumplimiento se exija con una severidad militar.

Dadas las costumbres de abandono y desaseo de la clase pobre de nuestra sociedad, y la poca ó ninguna atención que presta á los reglamentos de policía, sería imposible conseguir que el servicio de cubos (único admisible) se hiciera con la regularidad que es enteramente indispensable para que no se presente el peligro de infección.

3º—En las habitaciones donde por cualquier motivo no es posible emplear agua en los excusados.

La única circunstancia que puede impedir en México que se use agua en los excusados, es que la casa no tenga albañal cubierto, ni la calle atarjea; y tan pronto como se construye ésta, los propietarios de las casas procuran dejar expeditos sus comunes, la mayor parte los proveen de agua abundante y llegará día en que no haya excusado que no la tenga, cuando se perfeccione y complete el desagüe de la ciudad.

4º—En localidades donde el saneamiento por otro sistema fuera excesivamente costoso.

Aquí el sistema de transporte por agua no presenta excepcionales, ni siquiera grandes dificultades para su establecimiento y para la construcción de las obras que requiere.

5º—Donde no haya inconveniente en que los desechos líquidos de las habitaciones corran por la superficie de las calles.

Sería imposible que en la Capital de la República, que aspira á ser una ciudad de primer orden, se permitiera que los desechos líquidos de las habitaciones corrieran por la superficie del terreno, porque darían á las calles un aspecto repugnante; pero aun prescindiendo de esta consideración de tan grande importancia, hay otras de mayor valor y son: la poca pendiente de la superficie y que el relieve del piso de la ciudad es muy irregular, habiendo por todas partes cuencas sin salida, cada una de las cuales se convertiría en un pequeño lago de agua inmunda, que constituiría un foco permanente de insalubridad.

No hay, pues, una sola razón que indique la necesidad y mucho menos la conveniencia de adoptar de preferencia á los demás, para el saneamiento de la ciudad, alguno de los siste-

mas de intercepción; por el contrario, todos presentan desventajas, serios inconvenientes y aun peligros para la buena higiene.

Siguiendo el mismo método, veamos ahora si es posible adaptar á las condiciones en que se encuentra México, alguno de los sistemas de *transporte por agua*, que se pueden aplicar en las circunstancias siguientes:

1º—Cuando se pueden proveer las habitaciones de agua en abundancia y de un modo fácil, regular y permanente; esta condición es la más esencial de todas.

México está ampliamente provisto de agua, tanto por los tres acueductos que la surten, como por los pozos artesianos que son ya muy numerosos. El servicio municipal mejora cada día, y gracias á las últimas disposiciones del Ayuntamiento, antes de mucho tiempo todas las casas, sin excepción, estarán bien surtidas de ese líquido. Por lo que se refiere á esta condición, las circunstancias son muy favorables para aplicar el sistema que nos ocupa.

2º—Cuando el agua de desecho es muy abundante y sucia, y que esto exija que sea transportada rápidamente á algún punto lejano.

Esta circunstancia se presenta siempre, y sobre todo en las grandes ciudades, como una consecuencia forzosa de que la provisión de agua sea abundante, y además, ya dijimos al hablar de la 5ª condición anterior, que en México no es posible desembarazarse de los desechos líquidos si no es por medio de conductos subterráneos.

3º—Donde la población es muy densa, porque esto hace decrecer proporcionalmente el gasto por habitante.

La población de México es ya bastante densa y en ciertos lugares hay hasta cierta aglomeración inconveniente; y que la densidad aumenta, lo confirma el hecho de que constantemente se aumenta el número de pisos á las antiguas casas.

4º—Donde las circunstancias locales no exigen un gasto exagerado para la construcción de los conductos subterráneos. Pudiera no ser económico, por ejemplo, establecer atarjeas en

una ciudad pequeña, con sus calles muy pendientes é irregulares y con la roca muy cerca de la superficie del terreno; y pudiera suceder lo mismo si la población ocupara un terreno muy angosto y largo sobre la margen de un gran río.

Ya hicimos notar que ninguna circunstancia especial permite prever que las obras serán excepcionalmente costosas en la Ciudad de México; por el contrario, las circunstancias son bastante favorables.

5º—Donde no haya grandes dificultades ó sea necesario hacer grandes gastos para desembarazarse del agua de las atarjeas ó purificarla. Es dudoso, por ejemplo, que se debiera aconsejar la construcción de atarjeas en una ciudad interior, con un clima muy frío y donde fuera preciso purificar los desechos por algún procedimiento químico.

En México no se presentará ninguna dificultad para desembarazarse del agua de las atarjeas, pues cuando se terminen las obras del Desagüe general del Valle, los desechos de la Ciudad irán á fertilizar terrenos extensísimos, centenares de kilómetros cuadrados que obtendrán inmenso beneficio al ser regados por los desechos, en vez de que éstos los perjudiquen. Mientras las Obras del Desagüe no se terminen, los desechos de la Capital seguirán yendo, como ahora, á la laguna de Texcoco, cuyas aguas fuertemente alcalinas parece que previenen, hasta cierto punto, la descomposición pútrida de las materias orgánicas que lleva en disolución y en suspensión el agua de las atarjeas. Así es que ni ahora ni en lo futuro será preciso apelar á la costosa purificación por medio de procedimientos químicos.

6º—Deben establecerse atarjeas en los lugares donde siendo las demás circunstancias favorables, el interés del dinero que se invierta en su construcción, sea menor que la cantidad que se tenga que emplear en hacer el servicio por alguno de los sistemas de intercepción. Sin embargo, para que puedan compararse los resultados, es preciso admitir que este último se establezca y funcione de una manera perfecta.

Por lo que se refiere á esta condición, se puede asegurar

que en México no funcionaría bien ningún sistema de intercepción, y además ninguno de éstos resolvería el problema de una manera completa, porque no proporciona los medios de expulsar las aguas, tanto de desecho como las pluviales, y en México los conductos subterráneos son tan necesarios para unas como para otras; esta es una razón capital, y si no hubiera otras, ella sola bastaría para resolver en la cuestión; pero menos se puede vacilar cuando todas las circunstancias son favorables para adoptar el *sistema de transporte por agua*, mientras que no hay una sola en pro de los de *intercepción*.

CONDICIONES BAJO LAS CUALES SE PUEDE EMPLEAR CADA UNO DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE POR AGUA, Y SU APLICACIÓN DIRECTA Á MÉXICO.

Una vez que el anterior análisis nos condujo á la conclusión de que á nuestra Capital se debe aplicar el sistema de saneamiento de *transporte por agua*, como ya vimos que son varios los medios que se conocen para obtener el resultado, tenemos ahora que determinar cuál de ellos es el que mejor y de una manera más completa satisface á las condiciones del problema que debemos resolver.

En el estudio preliminar que hicimos de todos los sistemas de saneamiento en general, consideramos á los neumáticos en una clase especial, porque verdaderamente establecen el paso entre los de *intercepción* y *los de transporte por agua*, y en ellos no es este líquido sino el aire, el agente que mueve los desechos; pero ya desde entonces anticipamos que á los tales sistemas neumáticos se les podía considerar como una variedad del Divisor, en razón de que como éste, no aceptan el agua pluvial entre los líquidos que hay que expulsar de la ciudad por medio de obras especiales, aun cuando en ciertos casos muy raros, el *sistema Divisor común* admite que se construya una red de atarjeas exclusivamente para el agua llovediza.

En el análisis por el que ahora vamos á determinar cuál sistema de *transporte por agua* es el que conviene más á México,

seguiremos el mismo método que cuando tratamos la cuestión en general, es decir, asentaremos una á una las condiciones que hacen aplicables las diversas maneras de establecer el sistema de que tratamos, é inmediatamente después compararemos esas condiciones con las de nuestra Capital, y así podremos definir con entera seguridad cuál es la solución satisfactoria para el caso que nos ocupa.

El sistema Divisor común es aplicable cuando se presentan las siguientes circunstancias:

1º—Cuando no es necesario construir atarjeas para recibir el agua pluvial, ya sea porque se le puede concentrar en algunos canales poco profundos, ó ya porque no haya inconveniente en dejarla correr por la superficie del terreno. Estos casos se presentan en las aldeas ó poblaciones de pequeña importancia y en las ciudades, que teniendo una cuenca hidrográfica poco extensa, están colocadas en colinas ó laderas con fuerte inclinación.

Nosotros hemos visto realizado este caso en Memphis, Estados Unidos, donde el coronel Waring hizo una excelente aplicación del *sistema Divisor*, aprovechando las circunstancias de que esa ciudad está edificada en un terreno elevado y sobre la margen izquierda del río Mississippí; los taludes de dicho terreno son bastante acentuados y el agua pluvial escurre pronto sobre el pavimento de las calles sin causar ningún perjuicio; así es que las atarjeas que el Sr. Waring construyó, son pequeños tubos de barro bien vidriado y destinados exclusivamente á recibir los desechos de las habitaciones.

Puebla, Jalapa, Orizaba, Guanajuato y otras ciudades de la República, están en circunstancias análogas á las de Memphis; en muchas de ellas para dejarlas en muy buenas condiciones higiénicas, bastaría probablemente surtirlas de agua en abundancia y establecer una red de pequeñas atarjeas, para recibir exclusivamente los desechos de las casas; pero en México es distinto, aquí si no se da salida al agua llovediza por conductos subterráneos, se estanca en los puntos bajos del terreno y ocasiona los grandes perjuicios que las inundaciones han pro-

ducido siempre en la Ciudad. Estas condiciones no favorecen, pues, á la adopción del sistema Divisor.

2º—Cuando exista un sistema de antiguas atarjeas que no sean adecuadas para recibir las aguas de desecho; pero que con un pequeño gasto se puedan extender y arreglar para que sin inconveniente salga por ellas el agua pluvial.

Nuestra Capital tiene actualmente una red incompleta de atarjeas; pero además de que por sus dimensiones son incapaces de dar salida en poco tiempo al agua de los fuertes aguaceros, y por su forma defectuosa y su mala construcción, no son adecuadas para recibir los desechos de las casas, tienen esas atarjeas muchos otros defectos, tales como los de que en varios casos las pendientes están en sentido contrario del que debieran tener, que sus dimensiones decrecen en vez de aumentar á medida que se aproximan á la desembocadura, y son estos y otros defectos que no mencionamos de tanta importancia, que no será posible aprovechar ni siquiera un metro de las actuales atarjeas; será preciso construir otras nuevas en toda la extensión de la Ciudad destruyendo las que existen.

3º—Cuando la purificación de los desechos sea muy costosa, y que el río ó arroyo que reciba el desagüe de la ciudad sea tan pequeño, que la menor cantidad de agua impura haga impropia para los usos domésticos á la del río ó arroyo de que acabamos de hablar, y que alguna otra población la necesite abajo para dichos usos.

En México no hay necesidad de purificar los desechos, ni tampoco existe esa corriente de agua pura que contaminar, por lo cual no hay para qué ocuparse de la tercera condición, cuando se aplica á la Ciudad.

4º—Cuando es necesario bombear los desechos de las casas y esta operación resulta muy costosa si se mezclan con el agua de la lluvia.

Este caso se presenta en la ciudad de Pullman, Illinois, Estados Unidos, en la cual el distinguido Ingeniero Sr. Benezette Williams, aplicó el sistema Divisor con mucha cordura; pero bajo un plan y por circunstancias enteramente distintas de las

de Memphis, pues en Pullman City hay que bombear y purificar los desechos para impedir que se corrompa el agua casi estancada del lago Calumet, el que, sin embargo, puede recibir el agua llovediza, y si ésta se mezclara con los desechos, serían muy costosas, tanto la operación de bombear, como la de purificar esa mezcla; esta segunda operación se practica por medio de la *filtración intermitente*, y tampoco se dispondría de terreno suficiente para efectuarla si á los desechos se mezclara una gran cantidad de agua pluvial.

Nosotros, por ahora, tenemos que bombear forzosamente toda el agua que debe salir de la Ciudad, el agua pluvial y los desechos; más tarde, éstos y una parte de aquella, saldrán por el Gran Canal de Desagüe, y si, como es probable, en este último caso hay que hacer funcionar algunas bombas, será para desalojar la gran masa de agua que se precipita en los fuertes aguaceros, y esto sólo tres ó cuatro veces en el año. Luego, por lo que se refiere al gasto de bombear, no es preciso separar entre sí los líquidos que tengan diverso origen, y no existiendo esa necesidad por ninguna otra circunstancia, la cuarta condición tampoco nos obliga á aceptar el *sistema Divisor*.

5º—Donde sea necesario construir un sistema de atarjeas para recibir los desechos de las habitaciones, lo más pronto y lo más económicamente que sea posible, y que no haya inconveniente en aplazar para más tarde la construcción de los conductos subterráneos para recibir el agua pluvial.

Un ejemplo de este caso hemos visto que se presentó en Memphis, ciudad que fué asolada por la fiebre amarilla en distintas ocasiones; esta circunstancia produjo su decadencia y casi se puede decir que estaba en completa ruina, financieramente hablando, cuando se pensó en que el remedio de tanto mal consistía en establecer rápidamente un buen sistema de atarjeas, las que debían ser de muy económica construcción, porque el estado de los fondos municipales no permitía invertir en ella una suma considerable.

Se adoptó el *sistema Divisor* como antes dijimos, y en virtud de circunstancias topográficas locales, el éxito fué completo.

Nosotros visitamos la ciudad cinco años después de que se habían ejecutado los principales trabajos, y estaba ya floreciente, rica y confiada en que la epidemia habría desaparecido para siempre.

Aquí en México existe también esa imperiosa necesidad de construir un buen sistema de atarjeas, y es el único medio que hay para conseguir que mejoren las condiciones higiénicas; pero no basta dar salida á las aguas de desecho, porque siendo el relieve del terreno muy distinto del de Memphis, es preciso facilitar la salida del agua pluvial, y por lo tanto, no es aceptable la misma solución.

SISTEMAS NEUMÁTICOS.

Según lo que acabamos de ver, son limitados los casos en que el *sistema Divisor común* es aplicable: más limitados aún, son aquellos en que se debe aplicar esa variante suya, á que hemos llamado sistemas neumáticos, pues en el estado actual de nuestros conocimientos en la materia, creemos que no se debe apelar á éstos, sino como último recurso, cuando sea imposible hacer otra instalación menos complicada; es decir, cuando el conjunto de las circunstancias locales no permita que funcione bien alguno de los sistemas en que obra la simple gravedad.

Se comprenderá, sin gran esfuerzo, que ese conjunto de circunstancias que puede obligar en ciertos casos á establecer un sistema neumático, tiene que ser sumamente complicado, puesto que deben ser casos excepcionales que sólo se presentarán cuando todo sea desfavorable para obtener por otro medio la expulsión de los desechos, y no creemos que sea fácil ni práctico tratar de enumerarlos; basta decir que los sistemas de que tratamos, *además de que no resuelven por completo el problema del desagüe, son de muy cara instalación, de un manejo mucho más complicado que el de los otros, y de una conservación difícil y costosa.*

México dista mucho de estar en esas circunstancias excepcionalmente desfavorables que impiden establecer el sistema de *transporte por agua en toda su sencillez;* está, por el contrario, lo hemos dicho ya, en circunstancias *excepcionalmente favorables*, y si se ejecutan las obras según el plan que vamos á proponer, estamos seguros de que los resultados serán completamente satisfactorios. Consideramos por esto, que sería una digresión inútil dar más razones de por qué no aplicamos ningún sistema neumático.

SISTEMA COMBINADO.

El sistema combinado se debe preferir para desaguar y sanear una ciudad, cuando se presentan las tres condiciones siguientes:

1º—Que sea necesario expulsar el agua de lluvia que se precipita en cuarteles extensos y densamente poblados, como en las grandes ciudades, por medio de conductos subterráneos, y que se deban construir nuevas atarjeas con este objeto.

2º—Que no se necesite purificar los desechos ó que la purificación sea fácil, y que no se contaminen las corrientes de agua pura con el producto de las atarjeas.

3º—Que se disponga de agua en abundancia para lavar las grandes atarjeas.

Preferimos reunir las condiciones en vez de discutirlas separadamente, porque todas se realizan en la Ciudad de México, y discutidas en conjunto se perciben con más claridad los fundamentos de la conclusión á que muy en breve vamos á llegar.

La primera condición se realiza en México en todos sus detalles, puesto que es una Ciudad *extensa, densamente poblada y que es absolutamente necesario construir nuevas atarjeas* para dar salida á los desechos de las habitaciones y al agua de las lluvias, pues ni una ni otra pueden correr por la superficie de las calles, porque además de los inconvenientes que eso produce, en muchos lugares *no hay la pendiente que se necesita para pro-*

ducir el movimiento de los líquidos, y esto sucede en la parte más poblada y rica de la Ciudad; además, por el cambio hidrográfico que las bombas han producido y que continuarán y harán permanente las Obras del Desagüe General del Valle, es necesario reconstruir todas las actuales atarjeas, corrigiendo los numerosos defectos que tienen y que antes señalamos.

La segunda condición también existe y es favorable al sistema combinado, pues también indicamos ya que la purificación de los desechos de la Ciudad no será costosa, porque se hará del otro lado del Valle por la irrigación de la inmensa superficie de terreno donde se pueden aprovechar las aguas que nosotros expulsemos, y tampoco hay ninguna corriente de agua pura que se pueda contaminar, porque la corriente que se va á crear, no existe ahora.

La tercera condición se puede realizar en México de una manera tan completa, que sin duda alguna hay en el mundo muy pocas ciudades que tengan una facilidad semejante para lavar sus atarjeas. Para esto contamos con el producto de los Lagos de Chalco y Xochimilco, que durante todo el año nos pueden proporcionar 2,500 litros por segundo, de agua muy á propósito para el objeto.

Estas condiciones son generales y aplicables á cualquiera ciudad; pero aquí hay otra muy digna de tenerse en cuenta, y es, que tanto ahora como después, se mezclan y se han de mezclar siempre las aguas de desecho y las que provienen de las lluvias, ya sea en la Laguna de Texcoco, ya en el Gran Canal, y no vale la pena de tomarse el trabajo de separar los elementos que forzosamente se tienen que reunir, ni se debe por ello hacer ningún sacrificio.

Por esta breve discusión, se comprende que todas las circunstancias son favorables para hacer en México una excelente aplicación del *sistema combinado*, mientras que no hay una razón que pudiera inducir á adoptar el Divisor. No hay, pues, vacilación posible, y por esto llegamos á la siguiente conclusión:

Para obtener en México las mejores condiciones sanitarias, con el menor costo posible, se debe aplicar el sistema combinado de trans-

porte por agua; es decir, que las atarjeas ó conductos que se establezcan, deberán estar convenientemente dispuestos para recibir los desechos líquidos de las habitaciones, las materias fecales, el agua de lluvia, donde sea necesario, la del subsuelo, y por último, cierta clase de líquidos que arrojen los establecimientos industriales.

Hacemos una salvedad respecto de los líquidos que arrojan los establecimientos industriales, porque será posible que algunos expulsen ciertas substancias que ataquen á los materiales de que están construídas las atarjeas, ó que como el alquitrán del gas, se adhiera á las paredes de esos conductos, y conviene prever desde ahora la necesidad que tal vez se presentará, de prohibir que dichos establecimientos se desembaracen de tales substancias arrojándolas á las atarjeas, para prevenir esos perjuicios.

CONDICIONES GENERALES Á QUE DEBE SATISFACER EL SISTEMA DE ATARJEAS QUE SE CONSTRUYA EN MÉXICO.

Para terminar la primera parte de nuestro informe, sólo falta que hagamos constar las condiciones á que deben satisfacer las atarjeas que se construyan, para que llenen bien su objeto como elemento para mejorar el estado sanitario de la población y á la vez perfeccionar el desagüe del terreno que ella ocupa.

La primera de esas condiciones, la más esencial de todas, es, sin duda alguna, la de que se proyecten y construyan las atarjeas de tal manera, que en ellas no se formen depósitos de substancias putrescibles, es decir, que se *limpien por sí mismas*, que no haya necesidad de apelar á un trabajo manual para desalojar los sedimentos; y para esto es necesario disponer las atarjeas de modo que el agua que circula por ellas, conserve siempre y en todas partes la velocidad conveniente para arrastrar los cuerpos que á su entrada lleva en suspensión.

Siguiendo el principio de que por lo general es más fácil y económico prevenir un mal que remediarlo, es necesario impedir, hasta donde sea posible, la entrada á las atarjeas de los

cuerpos que tienden á formar los sedimentos, y que no se deben admitir en ellas; cuyo resultado se obtendrá por lo menos parcialmente, por medio de ciertas disposiciones especiales de que hablaremos al entrar en detalles; pero como no se debe esperar que se logrará impedir de un modo absoluto la entrada de ciertos cuerpos extraños, y por otra parte, como medida higiénica, se debe tratar de que los desechos sean expulsados rápidamente fuera de la población, es preciso disponer los conductos de desagüe de manera que la velocidad media del agua no sea menor que 1^m20 por segundo en los tubos de 0.15 á 0.30 de diámetro, de 0^m90 en las atarjeas de 0.30 á 0.40 de diámetro, y de 0.60 en la misma unidad de tiempo, para los colectores de mayores dimensiones.

Para conseguir estas velocidades, el principal elemento es la pendiente, el talud de la superficie del líquido, y á la vez, para establecer la pendiente, es indispensable que haya cierta diferencia de nivel entre el origen y la desembocadura de los canales colectores. La diferencia de nivel de que disponemos en México es pequeña, y cuando se presenta este caso, es más necesario que en ninguno otro redurir al mínimo el rozamiento del agua sobre las paredes del canal, haciéndolas perfectamente lisas y disminuyendo el perímetro mojado, y para satisfacer á la vez á esta primera condición y la que exige la higiene de que sean impermeables los conductos, deberá construirse y aplanarse con cemento de Portland y cal hidráulica cuando se trate de las grandes secciones y ser de tubos de barro vidriados con sal, cuando sean pequeñas.

La condición de que se reduzca al mínimo el perímetro mojado, por razón de que las atarjeas deben contener volúmenes de líquidos muy variables, grande en los momentos de lluvia y pequeño en la estación seca, se satisfará dando en ciertos casos una forma ovoide á la sección, por ser esta forma la que mejor se aviene á esas circunstancias variables, concentrando los líquidos en un pequeño espacio cuando disminuye mucho su volumen, y presentando á la vez un gran desemboque, cuando éste es necesario.

A pesar de todas las precauciones que se tomen, se producirán siempre depósitos parciales y accidentalmente alguna obstrucción; éste se previene por medio de ciertas disposiciones que permitan dar *golpes de agua*, cada vez que la práctica demuestre que se necesite para conservar expeditos los canales; en México será posible efectuar esta operación muy frecuentemente y con suma facilidad, porque para ello disponemos del agua de los Lagos de Chalco y Xochimilco. En la segunda parte verémos la disposición que tendrán las atarjeas para aprovechar ventajosamente esta circunstancia favorable.

Las aguas que circulan por las atarjeas, cargadas como están de materias orgánicas, producen muchas veces miasmas infectos y dañosos, á los que es preciso dar salida por los puntos donde se considere que ocasionarán menos perjuicios, y se procura al mismo tiempo que las atarjeas tengan una *ventilación* amplia y liberal, para producir la difusión de los miasmas y gases nocivos, haciéndolos á la vez que menos dañosos, menos molestos.

En una época todavía no muy remota, se admitía que la mejor atarjea era la que daba un acceso más fácil á los operarios encargados de limpiarlas, y permitía de una manera más cómoda, la remoción y transporte de los sedimentos por un medio mecánico. Esta idea fué la que dominó, por ejemplo, á los ingenieros que proyectaron y construyeron las grandes obras del drenaje de Paris; obras verdaderamente notables por su magnitud y excelente construcción; pero que como obras de saneamiento dejan mucho que desear, pues se proyectaron bajo la base de que la limpia se haría siempre por un trabajo manual; admitieron que debían arrojarse á las atarjeas las barreduras de las calles, y en cambio debía prohibirse que á esos conductos entraran las materias fecales; dos errores que cuestan al Municipio miles de pesos al cabo del año, y también cuestan á la población, cientos y tal vez miles de vidas, puesto que por existir los comunes de depósito, hay millares de focos de infección que hacen bastante insalubre á la gran Capital de Francia.

Esas grandes obras de Paris, construídas con el objeto de

desaguar la ciudad y de recibir sólo cierto género de desechos, por sus enormes dimensiones han admitido en su interior los tubos para la conducción del agua pura; se han colocado también dentro de ellas, grandes masas de conductores eléctricos y sólo se han proscrito los tubos de gas por temor á accidentes de explosión que los escapes pudieran producir en una atmósfera relativamente confinada. Han servido, pues, para usos que no se previeron en los momentos de su construcción, pero no han mejorado notablemente las condiciones higiénicas de la ciudad, porque con los comunes de depósito y los sedimentos que en grandes cantidades suelen acumularse en las atarjeas, subsisten dos causas de insalubridad muy poderosas, que cuentan sin duda al fin de cada año muchas víctimas elegidas entre una población muy numerosa.

En la época en que se emprendió en Inglaterra la construcción de las primitivas atarjeas, dominaba también la idea de que una de las condiciones esenciales á que debían satisfacer, era que su capacidad fuera bastante para contener una gran cantidad de depósitos y sin embozo se les llamaba *atarjeas de depósito;* debían ser también, según entonces se admitía, fácilmente accesibles en toda su extensión, para los hombres encargados de limpiarlas.

La práctica y los modernos adelantos de la higiene, han condenado por absurdos á semejantes principios, y ahora se considera como la mejor atarjea, no la más grande, *sino aquella que teniendo las dimensiones estrictamente necesarias para dar paso al agua de los fuertes aguaceros, se conserva siempre libre de obstrucciones y depósitos.*

Hay, sin embargo, ciertas personas que creen que nosotros debemos imitar lo que se hace en Paris, juzgando que debe ser muy bueno sólo porque se hace allí; y esto, sobre todo, lo creen así, las que han visitado esa gran ciudad, y que bajo la impresión que en su ánimo producen las maravillas que contiene, han entrado á pasear en un bote ó en un vagón á ciertos colectores adonde los encargados del desagüe acostumbran llevar á sus visitantes extranjeros; siendo el paseo por las cloacas, uno

de los hechos que más vivamente impresionan la imaginación entre los recuerdos del viaje, y uno de los que recitan con más entusiasmo, terminando generalmente con un panegírico de las obras del Desagüe de Paris y llegando forzosamente á la conclusión de "que así, exactamente como esas atarjeas que visitaron, deberían construirse las de México."

Las personas que eso crean, deben saber, en primer lugar, que en Paris mismo no son todas las atarjeas como aquellas que admiraron, y que no es racional formar una opinión sobre esas obras y si deben ó no ser imitadas, por el solo hecho de haber paseado tres ó cuatro horas por alguno de los colectores principales ó alguna de las atarjeas de intercepción; en segundo lugar, que se pueden obtener *mejores resultados sanitarios que los que dieron las de Paris, con obras proyectadas bajo mejores principios*, aun cuando no sean tan grandiosas ni se pueda pasear por ellas con tanta comodidad.

Si estas reflexiones fueran exclusivamente nuestras, habría sin duda quien dijera, que por ligereza cometíamos una falta de lesa civilización; pero nosotros no hacemos más que inspirarnos en los juicios formulados por personas imparciales y que por su competencia en la materia, están autorizadas para emitir una opinión. Una de ellas es Mr. Robert Rawlinson que hace algunos años se expresó de esta manera:

"Paris es tal vez en la superficie, la ciudad más limpia del mundo. Nada puede ser más hermoso que el arreglo y aseo de sus calles pavimentadas; pero la fetidez, aun en las mejores casas, es casi insoportable."

Hay, además, un hecho que, filosóficamente considerado, vale más que todas las opiniones que pudieran darse en contra ó en pró de las ideas que sirvieron de fundamento para proyectar las obras de saneamiento y desagüe de Paris, y es, *que esas ideas, como sucede con todas las que no son correctas, van sufriendo allí mismo una evolución y tienden á cambiarse por otras más generalmente admitidas, que están más lógicamente deducidas de los hechos observados*, y que son las que aplicamos al saneamiento y desagüe de nuestra Capital.

Prescindimos, pues, en lo absoluto, de la preocupación que en nuestro ánimo pudiera producir el deseo de imitar las obras de Paris, é imitamos de preferencia otras que con menor costo hayan producido mejores resultados, y proyectaremos atarjeas que *tengan sólo las dimensiones estrictamente necesarias para dar paso, en condiciones favorables, á los líquidos que en variadas circunstancias deben conducir;* así nos acercaremos más á realizar el ideal de que las atarjeas se conserven siempre limpias, sin necesidad de un costoso y lentísimo trabajo manual, que nunca es bastante eficaz para impedir que haya en las atarjeas materias orgánicas en descomposición. Si por circunstancias especiales se juzga que es indispensable arreglar las cañerías del agua ó los hilos eléctricos, en conductos subterráneos en algo semejantes á los conductos de desagüe, tienen que ser aquéllos enteramente independientes de éstos, porque el agua limpia que camina bajo presión en las cañerías, y con mayor razón los conductos eléctricos, no necesitan estar establecidos con esa línea de pendiente perfecta, que en las atarjeas es indispensable para que no se produzcan depósitos de substancias putrescibles, y si dichas atarjeas debieran prestar otros servicios, además del natural como elemento de desagüe, no se podrían adaptar á ello si no es con detrimento de sus buenas condiciones para servir á su objeto principal; costarían más y serían menos eficaces que las que se construyeran con el único y exclusivo objeto de conseguir el desagüe y saneamiento de la ciudad.

Dijimos poco antes que, á pesar de todas las precauciones que se tomen, se producirán siempre depósitos parciales y aun accidentes de obstrucción, y propusimos como medio sencillo y práctico para evitarlos, el proveer el sistema de atarjeas de disposiciones que permitan dar golpes de agua que removerán los sedimentos antes de que se acumulen en gran cantidad; pero puede todavía sobrevenir por incidente muy casual, una obstrucción de tal naturaleza que los golpes de agua no puedan remover; para este caso fortuito y para hacer las reparaciones que sean necesarias, conviene establecer desde el principio y á intervalos determinados, *pozos de visita* que dando fácil acce-

so al interior de las obras, permitan su inspección, y que sea posible remover por ellos los obstáculos que se opongan parcial ó totalmente al fácil movimiento de los líquidos; estos pozos de visita se combinarán con el sistema de ventilación, del modo que indicaremos en la segunda parte de este informe.

Allí daremos también los detalles de todas las obras accesorias, y desarrollaremos los principios que acabamos de indicar, aplicándolos á las condiciones especiales de nuestra capital, procurando proyectar las obras de manera que se aproximen cuanto sea posible y hasta donde alcance nuestra previsión, á satisfacer el objeto que nos proponemos.

SEGUNDA PARTE.

Descripción del Proyecto de Desagüe y Saneamiento de la Ciudad de México, y exposición de los datos y principios que se han tenido presentes al determinar cada uno de los detalles del proyecto.

Vamos ahora á estudiar los detalles del sistema que se llama *combinado*, tal como á nuestro juicio se debe aplicar á México, advirtiendo que hemos tenido á la vista las indicaciones de Rawlinson que señalan los puntos esenciales que se deben tener presentes en todo sistema de desagüe de una ciudad, y que son el fruto de la inteligente observación y estudio práctico de los resultados obtenidos con las obras de saneamiento y desagüe de las principales ciudades inglesas. Consultamos detenidamente los trabajos del inteligente ingeniero americano Mr. Rodolfo Hering, los de los Sres. Elliot C. Clarke, Benezette William, Adams, Gray, Baldwin Latham y otros.

Visitamos también en los Estados Unidos, estudiando sus sistemas de desagüe, las ciudades siguientes: Memphis, Chicago, Boston, Pullman City, New-York, Providencia, Filadelfia, Washington y San Louis Missouri; y además, tenemos datos de los estudios que en otras varias ciudades se han hecho para establecer ó perfeccionar sus atarjeas, con los que obtuvimos valiosos informes, mereciendo especial mención los que tuvieron la bondad de proporcionarnos los Sres. Rodolfo Hering, Elliot C. Clarke y Benezette Williams.

De todos estos elementos hemos procurado tomar lo que nos ha parecido más aplicable á nuestras circunstancias locales, pues si bien es cierto que hay varios principios que son aplica-

bles á cualquier sistema de atarjeas en general, hay también algunos detalles que tienen que variar con las condiciones topográficas é hidrográficas de la localidad.

Esta Segunda Parte tenemos que subdividirla en otras varias para evitar confusiones, que son:

1º—Sistema general y alineamiento de las atarjeas;

2º—Profundidades y pendientes de las atarjeas;

3º—Capacidad de descarga y dimensiones de la sección transversal;

4º—Forma de la sección transversal de las atarjeas;

5º—Enlaces y conecciones;

6º—Pozos de visita y pozos para lámparas;

7º—Coladeras de las calles y cajas de depósito;

8º—Ventilación, y

9º—Estaciones de bombas.

1º—Sistema general y alineamiento.

Por la conclusión á que nos condujo el análisis que hicimos en la Primera Parte, el sistema que proponemos es el *combinado de transporte por agua.*

El estudio del plano acotado de la ciudad, en el que se han trazado las curvas de nivel con una equidistancia de 0.2, demuestra que en todo el terreno ocupado por la población, en el área que se tiene que desaguar, no hay ninguna línea de desagüe natural, ningún *talweg* bien definido que señale la locación forzosa de uno ó varios colectores generales á donde se tuviera que hacer concurrir todos ó una parte más ó menos grande del agua pluvial y de los desechos de las habitaciones. Ese mismo plano indica que todo el terreno de la ciudad es una superficie ligeramente inclinada de Oeste á Este, y que presenta algunas pequeñísimas desigualdades, que unas veces son eminencias que sobresalen del nivel general, y otras cuencas sin salida, pero todos estos accidentes del terreno son casi siempre poco perceptibles á la simple vista y ha sido necesaria una ni-

velación muy minuciosa para determinar su importancia, y aun en ciertos casos, para revelar su existencia.

Estas condiciones topográficas nos han dejado en libertad absoluta de fijar la locación de las principales líneas de desagüe por consideraciones enteramente independientes de la topografía del terreno, puesto que el único hecho que ésta determina, es que *conviene establecer la pendiente general para esas líneas principales, de Oeste á Este*, porque *así se aprovecha la pequeña inclinación natural del terreno para aumentar la pendiente que artificialmente se ha de dar á los conductos de desagüe.*

Si se estableciera un solo colector general en el centro de la ciudad, se encontraría el inconveniente de que en su extremo oriental tendría enormes dimensiones que aumentarían el costo de la obra y dificultarían su construcción en medio de las calles estrechas por donde tiene que pasar; disminuiría su eficacia como elemento de desagüe, porque en los momentos de una fuerte lluvia subiría mucho el nivel del agua en su interior, disminuyendo con esto la pendiente hidráulica ó sea la diferencia del nivel del agua en sus dos extremidades, que es la que determina la velocidad; además, los colectores secundarios adquirirían una importancia mucho mayor, se aumentaría su costo y disminuiría su pendiente; por último, esa disposición de un solo colector central tendría el grave inconveniente de prestarse menos que el de varios colectores al aumento de la capacidad del Sistema de Desagüe de la ciudad, cuando lo requiera el crecimiento de ésta por su lado occidental.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, hemos juzgado más conveniente dividir á la ciudad para el desagüe, en cinco zonas, por medio de líneas cuya dirección general es de Occidente á Oriente; en cada una de estas zonas habrá un colector central que ocupará próximamente el eje longitudinal del área que ha de desaguar. En todas las demás calles de cada zona, habrá atarjeas de más pequeñas dimensiones que serán tributarias del colector central. El éxito que se obtenga, el resultado práctico de las obras que á costa de grandes sacrificios se han de ejecutar, depende esencialmente de la disposi-

ción y relaciones que los colectores secundarios tengan entre sí y con el colector central. Es este punto de tan grande importancia, que si no le diéramos toda la que tiene, podía suceder en México lo que en otras ciudades ha pasado ya, que después de haber gastado miles y aun en ciertos casos millones de pesos, resultó que las obras no han mejorado notablemente las condiciones higiénicas de los lugares donde se han ejecutado, porque *al proyectarlas no se tomaron todas las precauciones que son indispensables para impedir que en las atarjeas se verifiquen depósitos de substancias putrescibles ó para remover estos depósitos por un procedimiento rápido y económico.*

Desde la época en que escribimos nuestro primer informe, concedíamos ya una grande importancia á estos puntos que son tan esenciales para asegurar el éxito; pero ahora estamos más convencidos de que *toda consideración se debe sacrificar á la necesidad de prevenir los depósitos en las atarjeas*, así como de que *para conservar á éstas siempre limpias, el único medio práctico, económico y verdaderamente eficaz que se conoce, es el de introducir en ellas periódicamente grandes masas de agua que las laven, arrastrando consigo los depósitos que en todos casos tienden á formarse*, y por esto ha sido nuestra mayor preocupación satisfacer á estas dos condiciones en el sistema de atarjeas que para México debíamos proponer, y hemos estudiado con gran detenimiento las descripciones que tenemos de los trabajos que se han ejecutado en varias de las principales ciudades del mundo, prestando atención preferente á los informes que nos dan acerca de los resultados prácticos que se han obtenido en cada una de ellas.

De todos los sistemas de alineamiento que conocemos, ninguno nos parece mejor que el establecido por primera vez por el sabio ingeniero Mr. W. Lindley, en Hamburgo, cuando proyectó las atarjeas de esa ciudad en 1843, que está caracterizado por la circunstancia de que *se evitan hasta donde sea posible los extremos aislados de las atarjeas* (dead ends). Después de aquella ciudad, el Sr. Lindley proyectó las atarjeas de Frankfort en 1863, siguiendo el mismo Sistema que él creó en Ham-

burgo, pero aplicado con más extensión y de una manera más perfecta todavía, constituyendo un principio que hoy se conoce con el nombre de *principio de Lindley*. Este se debe aplicar en todas partes siempre que lo permitan las circunstancias locales, para obtener los mejores resultados posibles del sistema de transporte por agua, y afortunadamente las condiciones de México se prestan admirablemente para que se pueda aplicar en toda su extensión.

Si es un hecho, como nosotros lo creemos, que el objeto esencial de las atarjeas es mejorar las condiciones higiénicas de la ciudad donde se construyen, suponemos que los datos respecto de la mortalidad de las poblaciones donde hay distintos sistemas de saneamiento, serán los que den una idea más exacta de la eficacia de los medios de que disponen para alejar de ellas las materias que deben expulsar. Damos por esto á continuación los datos que tenemos á la vista, de la mortalidad en varias ciudades, y que tomamos de un excelente informe del Sr. R. Hering:

Londres.—Promedio de diez años......	23	p. mil.
Paris..	26	,, ,,
Berlin.—En 1879 que fué la más baja de diez años...........................	27.7	,, ,,
Viena.—Promedio de varios años......	30.6	,, ,,
Liverpool.—En 1879 que fué más baja que la media...........................	27	,, ,,
Hamburgo..................................	26.5	,, ,,
Frankfort.—Promedio de cuarenta años.	19.4	,, ,,
Dantzic.—Promedio de nueve años....	28.6	,, ,,
Amsterdam.—Promedio de diez años..	24.8	,, ,,

Por estos datos se ve que Frankfort es la ciudad más salubre de todas las que acabamos de citar; probablemente á esto contribuyen ciertas circunstancias locales que dependen de su clima é hidrografía; pero como el foco de insalubridad más poderoso que una ciudad puede tener, son sus malos desagües, el hecho de que una población sea salubre, indica que tiene un

buen sistema de atarjeas, porque si éstas fueran malas, la población sería insalubre á pesar de sus buenas condiciones climatológicas. Este hecho se ha visto plenamente comprobado por la práctica, pues si bajo este punto de vista se compara á Londres con Paris, por ejemplo, "esta ciudad tiene un clima más favorable para la salud que Londres, y sin embargo, la mortalidad en Paris es mayor, lo que indica que las obras de saneamiento de Londres son más eficaces que las de Paris." (Rawlinson.)

Casi se puede decir, que todo lo que acabamos de asentar en abono del "principio de Lindley," por lo que á Frankfort se refiere, es una pequeña digresión en que entramos, sólo para demostrar que sus efectos prácticos están ya plenamente comprobados por la experiencia de largos años, pues ahora que la ciencia sanitaria está ya tan adelantada, nosotros no sabemos qué admirar más, si la perspicacia y sabiduría del Sr. Lindley que creó su principio cuando la ciencia sanitaria estaba todavía en embrión, ó la poca previsión de los que han proyectado trabajos de saneamiento después que Lindley, y que por haber desdeñado la aplicación de su principio en casos en que debieran haber sacado de él un gran partido, las obras ejecutadas no han producido los buenos resultados que de ellas se esperaban.

En el plano núm. 1 que indica la locación, pendiente, sección y longitud de las atarjeas que proyectamos, se ve que hemos procurado hasta donde ha sido prácticamente posible, evitar los *extremos aislados* de los colectores principales y secundarios, y sólo los admitimos en las rinconadas donde la atarjea no se puede prolongar; pero más adelante veremos el medio por el cual se deben prevenir los inconvenientes que esos extremos aislados pudieran producir.

En todos los detalles relativos al proyecto de las atarjeas hemos tenido presentes los "Consejos de Rawlinson," que hoy son universalmente seguidos cuando se trata de construir un buen sistema de conductos de desagüe. Al tratar de los alineamientos, Rawlinson, dice lo siguiente:

"4.—Las atarjeas deben construirse en líneas rectas y pendientes perfectas de punto á punto, con entradas laterales, pozos de visita, disposiciones para dar golpes de agua y ventilar en cada punto donde cambie el alineamiento ó la pendiente. Todos los pozos de visita deben construirse hasta la superficie de la calzada ó de la calle, para que por ellos se inspeccionen los conductos, y deben cubrirse con una tapa fácilmente removible. Cuando las atarjeas están construídas en "líneas rectas," y que el ingeniero insiste en que la construcción se haga en una línea perfectamente recta, tanto en el alineamiento como en pendiente, la obra resultará necesariamente bien hecha. Con pozos de visita y pozos para lámparas en cada cambio de dirección ó de pendiente, removiendo las tapas, el ingeniero está en aptitud de poder determinar, en cualquier momento, la proyección del eje de la atarjea sobre la superficie de la calle, y puede saber también cuál es la profundidad de la atarjea en cualquier punto, y así encontrar la posición exacta de cualquiera unión lateral. Algunos ingenieros no perciben desde el principio, no aprecian todas las ventajas de que los alineamientos sean perfectamente rectos, y no las palpan sino cuando desean insertar algún albañal ó examinar las atarjeas para limpiarlas, pues si los pozos de visita están sobre líneas rectas, las obras todas pueden inspeccionarse y gobernar sus funciones á voluntad."

Convencidos de la grande importancia que tienen las recomendaciones que Rawlinson hace en el párrafo que acabamos de transcribir, deducimos de ellas lo siguiente:

Al construirse las atarjeas de la ciudad de México, se tomarán todas las precauciones que sean necesarias á fin de que el eje de cada atarjea esté colocado en una línea perfectamente recta, entre cada dos puntos en donde las circunstancias exijan que se establezca una inflexión, y el número de estas inflexiones se reducirá al mínimo posible, es decir, se tratará de que los alineamientos rectos sean tan largos como lo permitan las circunstancias locales, y no se hará ninguna desviación sino cuando sea absolutamente imposible evitarlo.

Para terminar lo relativo á los alineamientos, sólo nos falta decir que ha sido enteramente indispensable proyectar la apertura de muchas calles nuevas, por varias razones: primero, porque en ciertos lugares sería absolutamente imposible dar salida á los conductos de desagüe, si no se proyectan nuevos alineamientos; segundo, porque en otros resultarían los colectores principales y atarjeas de distribución con un alineamiento tan defectuoso, siguiendo las actuales calles, que hemos juzgado enteramente indispensable corregirlas, y tercero, porque el proyecto de nuevas atarjeas no sólo debe satisfacer á las necesidades presentes de la ciudad, sino también á las futuras, y es necesario fijarse hasta donde alcance nuestra previsión, en determinar desde ahora cuáles serán las futuras condiciones, entre otras las de las modificaciones que tendrán que sufrir las calles para facilitar la comunicación y el tráfico; y teniendo en cuenta que si se han de abrir más calles, ha de ser para satisfacer á esta necesidad, y que las calles diagonales son las que mejor la satisfacen porque acortan las distancias; cuando las condiciones topográficas y económicas lo han permitido, hemos proyectado una calle diagonal.

En este informe no hemos querido tocar sino aquellas cuestiones que son enteramente indispensables para la mejor inteligencia del proyecto y de las ideas que nos han dominado al formarlo, y creemos que no debemos divagarnos demasiado, entrando en pormenores que sirvan para fundar las modificaciones que hagamos en el plano, porque sería necesario para esto dar al informe proporciones inconvenientes y distraernos del objeto principal.

2º—Profundidades y pendientes de las atarjeas.

Poco antes dijimos que para el desagüe la ciudad quedaría dividida en cinco zonas, y que cada una de éstas expulsará los líquidos que debe desechar, por medio de un colector general que estará próximamente en el eje medio longitudinal de la su-

perficie que la zona ocupa; este colector será el talweg artificial á donde tengan que concurrir las aguas de toda la zona y deberá ser, por consiguiente, más profundo que las atarjeas secundarias, si se comparan puntos del fondo colocados sobre la misma línea de Norte á Sur; sólo con esta condición podrán las atarjeas secundarias descargar sus aguas en el colector principal.

La sección de este último será creciente, porque á medida que avance hácia el Este, recibirá las aguas que provengan de una área más extensa.

En la línea de división de cada dos zonas, habrá otra atarjea de sección constante, que servirá para conducir el agua con que se ha de lavar todo el sistema de atarjeas; ésta deberá estar, pues, más alta que todas las demás en cada sección de Norte á Sur, para que los líquidos que circulan por ella puedan pasar por cualquiera de las atarjeas secundarias al colector principal, y á fin de guiar el agua por donde convenga, esas atarjeas de las líneas divisorias de las zonas, que en lo sucesivo llamarémos atarjeas de *distribución*, estarán provistas de compuertas para detener la corriente en donde sea necesario desviarla. Su sección será constante, porque por cada una de las atarjeas laterales que de ellas parten, pueden descargar sobre el colector de cada zona el agua que reciben, y nunca tendrán que contener el producto de la lluvia que caiga sobre una área demasiado extensa.

Al establecer la acotación del fondo en el punto de partida de los colectores principales y atarjeas de distribución, se ha procurado colocarla lo más alto que permitía en cada caso la altura del terreno, con el objeto de conseguir la mayor diferencia de nivel que fuera posible entre los puntos extremos, porque así se obtiene la mejor pendiente para los conductos de desagüe; y para llegar á este resultado por cuantos medios sean posibles, se ha buscado también el trazo más directo, tanto para los colectores principales como para los secundarios.

Para que se puedan establecer las atarjeas á la altura que están proyectadas en su extremo occidental, será preciso en

muchos casos levantar el terreno en las colonias de la Teja, del Cebollón y de Santa María; esto es posible todavía, porque afortunadamente no hay allí construcciones que por esto se perjudiquen, y es enteramente indispensable que se prescriba que nadie pueda hacer en lo sucesivo una construcción, sin pedir á la oficina de Obras Públicas, que le señale de antemano la altura á que debe desplantarla, y para que esta oficina pueda proceder sin vacilación alguna, tendrá un plano que señale las acotaciones que en cada punto de la ciudad se debe dar al enras de los cimientos.

En el plano número 1 se han consignado todos los datos referentes al desarrollo, pendiente y sección de las atarjeas, así como las acotaciones del fondo en los puntos extremos de cada uno de los conductos de desagüe; también se han trazado las curvas de nivel, y así es posible deducir en cualquier lugar y con bastante aproximación, la profundidad de la atarjea. No entramos en muchos detalles acerca de todos los datos que contiene el plano, porque esto sería inútil y cansado; pero sí es preciso hacer algunas observaciones para su mejor inteligencia. Las distancias están marcadas en el plano número 1 con tinta azul, las acotaciones y pendientes con tinta roja, pero no se pueden confundir, porque las primeras tienen siempre un número entero que expresa metros y una fracción que aproxima á centímetros, mientras que las pendientes están expresadas por una fracción decimal en milésimos y diezmilésimos; los diámetros de las atarjeas se distinguen por estar marcados con tinta negra.

Las pendientes se han establecido de manera que la dirección general de la corriente sea de Oeste á Este en los colectores principales y en las atarjeas de distribución; siendo en las laterales esa dirección, la conveniente para que por ellas pase con la mayor facilidad que sea posible, el agua de las atarjeas de distribución á los colectores principales.

En estos dos últimos conductos, la pendiente que el plano indica es el cociente que resulta de dividir la diferencia de las acotaciones extremas, por la longitud total del conducto; de

manera que la pendiente multiplicada por la longitud, da en cualquier punto la diferencia de nivel entre éste y el origen de la atarjea, y se obtiene la acotación en dicho punto, restando esa diferencia de nivel de la del origen.

En las atarjeas laterales la pendiente no se obtiene exactamente dividiendo la diferencia de nivel deducida restando las acotaciones marcadas en sus dos extremos, por la longitud total, y esto es por dos razones: la primera, porque las acotaciones marcadas á lo largo de los colectores principales y de las atarjeas de distribución, se refieren á puntos del fondo de estos conductos y no de las atarjeas laterales, pues siempre que las circunstancias lo permitan conviene establecer el origen de cada atarjea lateral, más alto que el de la atarjea de distribución de donde parte, y su extremo inferior también un poco más alto que el colector donde termina; la segunda razón es, que en las curvas es preciso aumentar un poco la pendiente, para compensar la resistencia que el líquido experimenta al cambiar la dirección de su corriente, haciendo la inversa de lo que se practica al proyectar una línea de ferrocarril, donde la compensación se establece reduciendo en las curvas la pendiente.

Por ahora habría sido sumamente laborioso y todavía innecesario, determinar en cada una de las muchísimas curvas que hay en las atarjeas laterales, el aumento de pendiente que le corresponde; esta operación se hará al detallar una á una esas atarjeas laterales, si se aprueba el proyecto en general, sólo se han restado cinco centímetros de la diferencia de nivel, por cada curva que hay en la atarjea.

Para cuando se presente la necesidad de conocer con más aproximación cuánto se ha de aumentar la pendiente por la curvatura de las atarjeas, daremos desde hoy algunas ideas sobre este particular.

El Sr. J. W. Adams, en su obra titulada "Sewers and Drains for Popolous Districts," establece para el caso la fórmula siguiente:

$$h = \frac{v.\, l}{2r\, D}$$

en la que v es la velocidad del agua, h es el aumento de diferencia de nivel que se debe dar en la curva, además de la que proporciona la pendiente, l la longitud de la curva, r el radio del eje de ésta, y D el diámetro de la atarjea.

Tanto los datos como el valor de h deberán estar expresados en pies ingleses; pero si se quiere introducir los elementos en metros para obtener el resultado en la misma unidad de medida, se usaría la expresión bajo la forma siguiente:

$$h = \frac{0.15.\, v.\, l}{r\ D}.$$

Tal vez en muchos casos de los que se presentan en nuestro sistema de atarjeas, no será posible emplear los valores que da esta fórmula, que son un poco exagerados, pues no se podrían aceptar sino con gran detrimento de la pendiente general, y como es enteramente empírica, no aconsejamos su empleo sino como un medio para guiar el criterio de la persona que se encargue de los detalles del proyecto, al establecer el aumento de caída que debe dar en las curvas para compensar la pérdida de la fuerza aceleratriz de la gravedad, que por razonamiento se consume al paso de las aguas por esos puntos, y á fin de que se pueda discutir lo que más conviene hacer, anotamos aquí otras dos fórmulas que se han empleado con el mismo objeto que la anterior:

$$h = \frac{a.\, c.\, v^2}{579.4}, \ldots\ldots c = 131 \times 1.847 \left(\frac{r}{b}\right)^{\frac{7}{2}}, \ldots\ldots (1)$$

$$h = \frac{v^2 \operatorname{sen}^2 a \times 0.000.003}{\sqrt{r}} \ldots\ldots (2)$$

Las fórmulas (1) son de Weisbach y la (2) de Robinson y Beadmore; en ambas los signos algebraicos tienen la siguiente significación: h aumento de caída en pies; v velocidad del agua en piés por segundo; a ángulo de la curva en grados; r radio de la atarjea; b radio de la curva; c coeficiente que depende de $\frac{r}{b}$. Será fácil transformar estas fórmulas á fin de que sean calculables por metros.

El Sr. Rawlinson en sus "Consejos sobre saneamiento y desagüe," previene *que las pendientes se establezcan en líneas perfectamente rectas, y que si es necesario establecer algún cambio de pendiente, siempre se construya en el punto donde el cambio se verifique, un pozo de visita ó un pozo para lámpara.*

Las ventajas que de esta disposición resultan, se enumeraron ya al tratar de los alineamientos, cuando se transcribió íntegro el "Consejo" marcado con el número 4; es, pues inútil repetirlas: sólo sí diremos otra vez, que se debe dar una grandísima importancia á esta recomendación.

Por lo que se refiere á las pendientes, cuando se construyan las atarjeas se deben tener presentes las siguientes observaciones que se deducen de todo lo que acabamos de decir:

1º—El fondo de las atarjeas deberá quedar en líneas rigurosamente rectas entre cada dos puntos adecuados para la inspección de los conductos, es decir, entre cada dos pozos de visita ó dos pozos para lámparas; se procurará que la pendiente sea constante en todos los alineamientos rectos y la misma de un extremo á otro de la atarjea.

2º—En las curvas se dará á la pendiente un pequeño incremento, procurando, siempre que lo permitan las circunstancias, que ese incremento se aproxime al que resulte por medio de las fórmulas que antes se anotaron, pero esto se hará sólo cuando no se reduzca por eso demasiado la pendiente general.

3º—Capacidad de descarga y dimensiones de la sección transversal de las atarjeas.

Uno de los más complejos problemas que se presentan al estudiar el saneamiento de una población por el sistema combinado, es sin duda alguna el de determinar las dimensiones que debe tener la sección transversal de las atarjeas. Hay sobre esto gran variedad de opiniones que no han llegado á ponerse de acuerdo, por falta de datos prácticos bastante numerosos, que permitan hacer intervenir en las fórmulas y con su verdadero valor, todos los elementos que se deben tener en cuenta para

llegar al resultado. Vamos á dar una idea de cuáles son esos elementos.

En primer lugar se debe conocer cuál es la cantidad de agua que se precipita en la ciudad en los momentos de los fuertes aguaceros, determinando, no la mayor cantidad que se ha precipitado en un día, sino en una unidad de tiempo más corta, la hora ó el minuto por ejemplo.

Al estudiar este punto, como en todos los demás, hemos tratado de inspirarnos en las ideas de personas cuya competencia en materia de drenaje y saneamiento de ciudades está universalmente reconocida; pues nosotros no tenemos escuela práctica donde la observación pudiera habernos dado á conocer los resultados prácticos de tal ó cual principio, de tal ó cual idea.

El Sr. J. W. Bazalgatte, en un informe que rindió al "Metropolitan Board of Works" de Londres, dice lo siguiente: "Las atarjeas de intercepción no fueron proporcionadas para conducir toda el agua que cae durante las lluvias extraordinarias, tales como la que cayó por ejemplo el 10 y 11 del mes de Abril de 1878, cuando por observaciones ejecutadas en cuarenta y tres estaciones, dentro y al rededor de la Metrópoli, se estimó que habían caído 2'64 (dos pulgadas y sesenta y cuatro centésimos de agua) por término medio en un período de diez y nueve horas. Para recibir el volumen de agua que resulta de esa lluvia, se habrían necesitado atarjeas que tuvieran la capacidad de ríos, que estarían vacías casi siempre, exceptuando el caso en que cayera una lluvia extraordinaria."

A esto, el Sr. Ingeniero Rodolfo Hering agrega el comentario siguiente:

"Una lluvia de 2'64, según este informe, se considera como excesiva en Londres, y sin embargo, se ha llegado á registrar allí mismo una lluvia de *seis pulgadas que se ha precipitado en una hora y media.*"

El Sr. Herbert Shedd, en su informe acerca del sistema de atarjeas de la ciudad de Providence R. I., dice:

"Se ha discutido mucho hasta qué punto conviene construir las atarjeas con las dimensiones que necesitan para contener

el agua que proviene de las lluvias extraordinarias. El costo de construcción de tales atarjeas, así como el costo de su conservación es tan grande, que una ciudad puede más bien soportar el pago de los perjuicios que ocasionan las lluvias de intensidad poco común, que construirlas. Hasta qué límite se debə proveer para el caso de grandes tormentas, es un punto dudoso, y lo que es económico en un lugar no lo es necesariamenen otro. La frecuencia de las grandes tempestades, la cantidad de agua que se precipita, y el perjuicio que puede ocasionar, depende de la locación y de las circunstancias de cada lugar."

En un informe del Sr. J. W. Adams, Ingeniero de la ciudad de Brooklin, á los comisionados para el saneamiento de esa ciudad, aquel ingeniero se expresa en los términos siguientes:

"Refiriéndonos á la cantidad de lluvias que deben recibir las atarjeas, en ninguna ciudad se ha proyectado un sistema para recibir el agua de las lluvias extraordinarias en las atarjeas solamente, tales como las tempestades que descargan dos ó tres pulgadas de lluvia por hora. Estas lluvias ocurren á largos intervalos, son de corta duración y el perjuicio que ocasionan está confinado á áreas muy limitadas, mientras que la construcción de atarjeas adecuadas para esa contingencia, sólo se podría ejecutar con gastos enormes para la construcción y conservación, que se extenderían sobre toda el área de la ciudad; además, esas atarjeas serían de una eficacia dudosa cuando repentinamente tuvieran que recibir una enorme cantidad de agua, y serían sumamente malas como conductos para el escurrimiento diario de los desechos de las habitaciones."

A continuacion ponemos una tabla en que constan las lluvias que caen en varias ciudades de Europa, y la cantidad para la cual están calculadas las atarjeas; esta tabla viene á confirmar lo que el Sr. Adams afirma en el párrafo que acabamos de transcribir:

LOCALIDAD.	Máxima altura de lluvia que se ha precipitado en una hora en milímetros.	Altura de la lluvia en milímetros, que pueden recibir las atarjeas.
Paris.	114	15 por hora.
Londres.	100	6 en 24 horas.
Berlin.	24	7 por hora.
Viena.	25	9 por hora.
Hamburgo.	28	17 en 24 horas.
Frankfort.	30	6 por hora.
Dantzic.	...	6 en 24 horas.
Brigthon.	16	12 por hora.

En varias de estas ciudades en donde las circunstancias locales lo permiten, las atarjeas tienen ramificaciones por donde pueden descargar sus aguas cuando se llenan demasiado, (overflows): nosotros no podemos emplear este medio para reducir la cantidad de agua que deben coducir las atarjeas, y aquí el líquido que éntre en cualquier punto de un conducto de desagüe, tiene que recorrerlo hasta su desembocadura.

Hubiéramos deseado hacer un estudio detallado de nuestras lluvias para fundar más nuestras conclusiones por la relación que tienen con las dimensiones convenientes para las atarjeas; pero aunque poseemos la importantísima serie de observaciones del Observatorio Meteorológico Central, esta oficina desgraciadamente no está provista de pluviómetros registradores que indiquen el tiempo durante el cual se verifica la precipitación del agua, y este dato, para nuestro objeto, es tan importante como el de la cantidad ó altura de la lluvia. Durante un corto intervalo de tiempo hay datos acerca de la duración de las lluvias; pero en la mayoría de los casos á que se refieren las observaciones, dan sólo la precipitación en veinticuatro horas, y de este dato aislado no es posible llegar á una conclusión fundada, porque las lluvias que pueden ocasionar perjuicios, son aquellas que producen una gran cantidad de agua en un corto intervalo de tiempo. Vamos, sin embargo, á presentar los datos que poseemos y què debemos á la bondad de los Sres. D. Miguel Pérez y D. José Zendejas, quienes pusieron á nuestra

disposición todos los registros del Observatorio para que de ellos tomáramos los datos que nos fuesen necesarios.

A continuación damos una tabla con varios datos relativos á las lluvias ocurridas en los últimos catorce años, es decir, desde la fundación del Observatorio Meteorológico Central.

AÑOS.	Número total de días de lluvia.	Lluvias menores que 10 milímetros.	Comprendidas entre 10 y 20 milímetros.	Comprendidas entre 20 y 25 milímetros.	Lluvias mayores que 25 milímetros.
1877	102	87	12	2	1
1878	119	91	15	4	9
1879	125	112	11	1	1
1880	122	106	11	2	3
1881	159	138	15	3	3
1882	136	115	18	0	3
1883	167	151	11	2	3
1884	123	108	11	3	1
1885	166	143	17	4	2
1886	112	97	9	6	0
1887	166	141	18	3	4
1888	161	140	16	3	2
1889	142	129	11	2	0
1890	154	143	12	5	3
	1954	1692	187	40	35

La proporción en que están las lluvias según sus intensidades, es la siguiente:

Lluvias menores que 10mm........................	0.864
,, comprendidas entre 10 y 20mm.........	0.097
,, ,, ,, 20 y 25mm.........	0.020
,, mayores que 25mm........................	0.019
Número total de días de lluvia......	1.000

Luego el número de días en que la lluvia es mayor que veinticinco milímetros, es sólo diez y nueve milésimos del número de días que ha llovido.

Para valorizar mejor el efecto que producirán sobre las atarjeas estas lluvias, es preciso hacerlas comparables, estimando la cantidad de agua que en cada una de ellas se ha precipitado en la misma unidad de tiempo, el minuto, por ejemplo. Aquí es donde encontramos deficientes los datos que poseemos: sin

embargo, hay algunos que podemos utilizar y los consignamos en la tabla que ponemos á continuación:

AÑOS.	FECHAS.		Duración en minutos.	Altura absoluta en milímetros.	Precipitación por minuto en fracciones de milímetro.
1877	Agosto.........	9	180	25.0	0.14
1878	Julio............	9	540	26.0	0.05
,,	,, ...	20	139	62.9	0.47
,,	,, ...	29	609	48.8	0.06
,,	Agosto.........	15	900	30.0	0.03
,,	,, ...	23	75	53 0	0.70
,,	,, ...	30	540	26.1	0.05
,,	Septiembre...	1	500	27.0	0.05
,,	,, ...	23	140	39.3	0.28
,,	Octubre........	9	800	40.5	0 05
1881	Mayo...........	25	248	37.0	0.11
1882	Marzo..........	5	45	27.0	0.60
1887	Junio..........	11	720	26.5	0.04
,,	Julio	28	45	35.8	0.79
,,	Agosto.........	21	335	52.0	0.16
1889	Noviembre...	10	65	28.9	0.44
1890	Septiembre...	12	450	25.3	0.06

Si se comparan estos resultados con lo que produce una lluvia de veinticinco milímetros en una hora, durante la cual se precipitan cuarenta y un centésimos de milímetro por minuto, se encuentra que sólo en tres casos hay una diferencia notable respecto de esta cantidad, que corresponden á las lluvias del 23 de Agosto de 1878, del 5 de Marzo de 1882 y del 28 de Julio de 1887, y como se conoce la duración de la mitad de las lluvias que exceden de veinticinco milímetros en una hora, se puede inferir con alguna probabilidad de que resulte un dato aproximado, que entre las lluvias cuya duración no se conoce y que se separen notablemente de una lluvia de veinticinco milímetros por hora, habrá otras tres en el período de tiempo á que se refiere el estudio que hemos hecho, y si esto es cierto, esas lluvias se verificarán por término medio cada dos años próximamente. Nuestros datos se refieren á un período de tiempo que es demasiado corto para que nos sea permitido establecer por ellos una ley; así es, que la conclusión á que acabamos de llegar, la presentamos con toda la reserva que tal circunstancia requiere; lo único que hemos pretendido, es sacar

las mayores ventajas posibles de los escasos datos que poseíamos.

Además de las razones que hemos expuesto, transcribiendo las opiniones de personas prácticas y competentes, hay ciertas circunstancias locales que no debemos dejar que pasen desapercibidas, porque sirven también de fundamento á la conclusión á que tenemos que llegar.

Las lluvias que producen una fuerte precipitación en un corto período de tiempo, vemos que una duró 75 minutos y las otras dos 45; éstas rara vez se extienden á toda el área de la Ciudad; y por otra parte, el relieve del terreno, del que dan una idea exacta las curvas del nivel trazadas á una muy pequeña equidistancia, veinte centímetros solamente, indica desde luego que por la superficie no se puede precipitar el agua de ciertos lugares para acumularse en otros, como forzosamente tiene que suceder en aquellas ciudades donde las pendientes naturales del terreno son muy pronunciadas, y por lo tanto, el agua que momentáneamente no encontrara espacio en las atarjeas, se extendería sobre una área muy extensa y en ninguna parte podría subir á una considerable altura; este hecho hace que para nosotros sea menos temible la falta de capacidad momentánea de esos conductos en caso de que se presentara una lluvia excepcional, y que estuviera menos justificado el que se proveyera para ella, aceptando atarjeas de dimensiones exageradas con todos sus inconvenientes de costo y con los que presentan bajo el punto de vista sanitario, que son los más graves.

Se debe también tener en cuenta, que todas nuestras atarjeas deben descargar su contenido al Gran Canal, que es el origen de las Obras del Desagüe del Valle; este Canal está calculado para una descarga de cinco metros cúbicos por segundo, y el producto de las atarjeas en los momentos de los fuertes aguaceros será tres ó cuatro veces esa misma cantidad, y la diferencia entre ambas será tanto mayor, en caso de un aguacero excepcional, cuanto mayor sea la capacidad de descarga de las atarjeas.

Oportunamente nos hemos de ocupar del medio que propon-

dremos para subsanar este inconveniente; aquí sólo haremos notar que las dificultades para conseguirlo aumentarán considerablemente, así como el costo, si se proporcionaran las dimensiones de las obras á las necesidades de una contingencia poco común.

Por último, nosotros no contamos sino con una pequeña diferencia de nivel, que vamos á obtener á costa de grandes gastos, por medio de las Obras del Desagüe General del Valle; la inclinación del fondo de las atarjeas está perfectamente definida por la máxima altura que ese fondo puede tener en el origen y por la máxima profundidad que le puede dar en la desembocadura; todo incremento en las dimensiones de la atarjea tiene que darse de esa línea que determina el fondo para arriba, y á medida que el diámetro sea mayor, el agua subirá más en la desembocadura, disminuirá por esto la inclinación de la superficie, es decir, la *pendiente hidráulica* que determina la velocidad, y resultará la consiguiente diminución de ésta y con ella la capacidad de descarga que se calculara con la inclinación del fondo. Esta circunstancia viene á confirmar la opinión del Sr. Adams, que copiamos antes y que, refiriéndose á las atarjeas de dimensiones adecuadas para recibir las lluvias excepcionales, dice: "además, esas atarjeas serían de una eficacia dudosa, cuando repentinamente tuvieran que recibir una enorme cantidad de agua y serían sumamente malas como conductos para el escurrimiento diario de las atarjeas." Pudiera creerse que el inconveniente á que nos venimos refiriendo se subsanaría, en parte por lo menos, haciendo crecer el diámetro horizontal de las atarjeas, más que el vertical; pero entonces el conducto sería mucho más defectuoso para recibir los desechos de las habitaciones, y aumentarían considerablemente los inconvenientes para la higiene de la Ciudad, lo cual sería muy grave.

Fundándonos en todas las consideraciones que hemos asentado, unas nuestras y otras de personas que son muy peritas en la materia, y en que es imposible proporcionar las dimensiones de las obras para contingencias extraordinarias, creemos

que las atarjeas de la Ciudad de México, no deben tener sino la capacidad suficiente para recibir una lluvia de *veinticinco milímetros en una hora.*

Este límite de capacidad lo consideramos suficientemente amplio, y estamos seguros de que si se construyen las atarjeas con secciones adecuadas para recibir esa cantidad de agua, sería preciso que cayera una lluvia fenomenal, mayor que cualquiera de las que se han registrado hasta hoy, para que hubiera una inundación que ocasionara algún perjuicio.

Después de que sobre este particular se han fijado las ideas, hay que estudiar otro punto muy importante, acerca del cual la opinión es menos uniforme, y este punto es: *la determinación de la cantidad de agua que llega á la atarjea en la unidad de tiempo*, pues se comprende que no toda la que cae pasa por los conductos de desagüe, y que la fracción del volumen total que entra á éstos en la unidad de tiempo, dependerá, tanto de las propiedades físicas de la superficie por donde se desliza el líquido, como de las condiciones topográficas y de la figura que afecta el terreno donde la lluvia se precipita. Así, pues, para modificar la cantidad de agua á que hay que dar paso por los colectores, interviene: 1º la naturaleza más ó menos porosa del terreno y el estado de humedad en que se encuentra, porque cualquiera de estas dos condiciones hace que se pierda mayor ó menor cantidad de agua por filtración; 2º, la evaparación, y ésta varía con la extensión de la superficie, con la temperatura del terreno y la del aire, y con la duración de la tempestad; 3º, el carácter de la superficie, pues también influye que esta superficie sea lisa como la de los techos y pavimentos, ó rugosa como la de los jardines, praderas, terrenos de labor, parques ó terreno boscoso en general; 4º, la pendiente general del terreno que hace que el agua se acumule más ó menos rápidamente en las partes bajas de él; 5º, la extensión total y la figura que en el plano afecta el terreno, cuyas aguas tienen que concurrir á un punto dado, pues se comprende que á medida que la superficie sea más extensa y que la figura sea más alargada, tardará más tiempo en llegar al punto de desemboque el agua que provenga de las partes lejanas de éste.

La modificación de cualquiera de los elementos que acabamos de enumerar, ejerce una gran influencia sobre el resultado final, es decir, sobre el volumen de agua á que hay que dar paso por las atarjeas; y dependiendo ese resultado de elementos tales como la porosidad del terreno que no se puede medir, sino sólo estimar por la experimentación directa en cada caso particular, y otros que son variables como el grado de humedad del terreno en el momento en que se verifica la precipitación de la lluvia, se deducen dos cosas: la primera es que sólo por la observación directa en cada ciudad, se pueden tener datos aproximados acerca de la cantidad de agua que llega á las atarjeas; y la segunda, que aun así, la solución á que se llegara, no se podía considerar como absoluta, puesto que los elementos variables del problema pueden hacer variar los resultados que de un día á otro se obtuvieran.

Estas circunstancias bastan para que se les puedan tomar como la razón de por qué se han hecho consideraciones muy diversas, generalmente empíricas y en ciertos casos aun sin fundamento sólido, para proyectar una gran parte de las redes de atarjeas existentes en el mundo.

Vamos á ver, sin embargo, de qué manera podremos aproximarnos á obtener la solución conveniente para el caso de la Ciudad de México.

Al estudiar una red de atarjeas por el sistema combinado, se presentan dos casos distintos: uno cuando los líquidos que han de conducir las atarjeas están constituídos esencialmente por los desechos de las habitaciones, á los que se mezcla sólo una pequeña cantidad de agua pluvial, y el otro caso es, cuando ésta se ha de admitir en gran cantidad.

En el primer caso hay que hacer una estimación del volumen de los desechos, y esto se hace de dos maneras distintas: unas veces se estima la cantidad de agua que sale de las habitaciones, como igual á la que surte á la población, estableciendo que la mitad del gasto se verifica en un período de tiempo que varía entre 6 y 9 horas, de acuerdo con las costumbres de los habitantes del lugar.

En otros casos, como se hizo en Boston por ejemplo, se hace un cómputo de la densidad de la población, es decir del número de habitantes que hay por acre ó por hectárea; se admite que cada habitante debe gastar 100, 200 ó 300 litros de agua en veinticuatro horas (la última cifra fué la que se admitió en Boston), y que el gasto máximo es igual á una vez y media el gasto medio.

Este segundo método es el que nos parece mejor, porque permite prever con más amplitud á las necesidades del porvenir, si se toma como base para los cálculos la futura probable densidad, que en un tiempo dado llegará á adquirir la poblacion.

Una vez que por cualquiera de los dos sistemas que anteceden, se ha llegado á conocer cuál es el volumen de los líquidos que las casas deben expulsar, se le agrega cierta cantidad para tener en cuenta el agua que provenga de la lluvia, y para determinar esa cantidad, se han hecho consideraciones muy diversas de un lugar á otro, y cuando se ha obtenido el volumen total, se calculará la velocidad que el agua adquirirá en las atarjeas, por cualquiera de las fórmulas de Eytelwein, Prony, Darcy y Bazin, Lindley ó Kutter, pues todas ellas dan buen resultado práctico, porque sus diferencias consisten sólo en el valor de los coeficientes, y las diferencias que éstos á su vez produzcan en los resultados finales, son mucho menores que las que provienen del modo de hacer la estimación de la cantidad de líquidos que han de pasar por la atarjea, y de la amplitud con que se tienen que fijar las dimensiones de ésta, para prever ciertos casos excepcionales de descarga. La práctica que se ha seguido para calcular las dimensiones de las atarjeas en Europa y los Estados Unidos, se diferencía, pues, de una ciudad á otra, en el empleo de la fórmula que han elegido para determinar la velocidad que el agua adquirirá en los conductos de desagüe, además de las que antes señalamos acerca de la manera de computar el volumen de los líquidos.

En Boston, sín embargo, la "Comisión del Drenaje de Massachusetts" estableció un hecho importantísimo, y es que los

coeficientes prácticos que contienen las fórmulas para calcular la velocidad que el agua adquirirá en los conductos en virtud de la pendiente no son aplicables cuando con las mismas fórmulas se trata de calcular la velocidad que adquirirá el agua de de las atarjeas, y la misma "Comisión" por experiencias directas dedujo que para este segundo caso los coeficientes que se deben tomar son un noveno más pequeños que los que se deben usar para el primero, quedando las mismas todas las demás circunstancias que producen el escurrimiento.

Nosotros poseemos unas tablas que calculó la "Comisión" que antes citamos, en las que se han aplicado los nuevos coeficientes por ella determinados, y cuya posesión debemos á la bondad del Sr. Elliot C. Clarke, ingeniero distinguido y miembro prominente de esa Comisión, que nos hizo con dichas tablas un valiosísimo obsequio; en ellas consta el valor del coeficiente, que se toma empleando como argumento la raíz cuadrada del *radio medio*, usando el pie inglés como unidad de medida, y en la que en esta memoria incluimos marcándola con el número 1, están consignados los valores del mismo coeficiente pero apropiados al uso del Sistema Métrico.

En el segundo caso, de los dos á que antes aludimos, es decir, cuando en las atarjeas se ha de admitir una gran cantidad de agua pluvial, son mucho mayores las divergencias que se notan en las consideraciones que han servido de base para determinar las dimensiones de esos conductos de desagüe. En Paris se admitió que se debía calcular las secciones de las atarjeas en el supuesto de que cayera un aguacero de cuarenta y cinco milímetros en una hora, y que tardaría en salir tres veces el tiempo que tarda en caer. En Berlin se tomó como base el supuesto de que podía caer una lluvia de veintidos milímetros en una hora, de esta cantidad una tercera parte se evaporaría, otra tercera la absorbería el terreno y la tercera restante sería la que llegara á las atarjeas, es decir, siete milímetros solamente. En Viena se hicieron los cálculos de las dimensiones de las atarjeas en el supuesto de que podía caer una lluvia de veinticinco milímetros en una hora, de los que sólo nueve mi-

límetros llegarían á las atarjeas, llenándolas hasta los arranques de los arcos que forman las bóvedas. En Hamburgo se admitió la posibilidad de que cayera una lluvia de veinticinco milímetros en *veinticuatro horas*, y de ésta las dos terceras partes pasarían por las atarjeas. En Dantzic sólo se proveyó para una lluvia de seis milímetros en *veinticuatro horas*, y las atarjeas tienen numerosos ramales por donde pueden descargar á los canales que cruzan á la ciudad, en caso de que aquellas estuvieran muy cargadas. En Brigthon las atarjeas pueden recibir doce milímetros de lluvia por hora. En varias ciudades de los Estados Unidos se determinan las dimensiones de las atarjeas que han de desaguar superficies extensas, en razón directa de la extensión de estas superficies.

Todas estas apreciaciones están basadas en observaciones incompletas y estamos seguros de que las ciudades que acabamos de citar, las modificarán con el tiempo, haciendo intervenir en cada caso todos los elementos que entran en el problema y que antes enumeramos, y esa modificación se hará cuando por la observación de los resultados de los trabajos existentes en ellas, tengan ya bastantes datos locales con que poder determinar con más seguridad la relación que hay entre la cantidad de agua que se precipita en la ciudad y la que llega á las atarjeas, ó cuando las observaciones de muchos puntos reunidos puedan servir para establecer una fórmula general aplicable á condiciones variadas.

Londres dió ya el ejemplo en este sentido y los eminentes ingenieros Sres. Bidder, Hawksley y Bazalgatte, al rendir su informe sobre el drenaje de aquella metrópoli, fundaron sus conclusiones en observaciones directas practicadas en varias atarjeas de dicha ciudad, que sirvieron al Sr. Hawksley, Presidente de la Asociación de Ingenieros Civiles de Inglaterra, para establecer la fómulta siguiente:

$$log.\ D = \frac{3\ log.\ A + log.\ N - 6.8}{10}$$

en la que A es el área que se debe desaguar expresada en acres;

N la longitud en que la atarjea desciende la unidad;
D el diámetro de la atarjea en pulgadas.

Posteriormente el Sr. Burkli–Ziegler, ingeniero suizo, reunió las experiencias hechas en Londres, Paris y en varias partes de Alemania y Suiza, y discutiéndolas dedujo la siguiente expresión:

$$Q = c.r. \sqrt[4]{\frac{S}{A}}$$

en la que Q representa la cantidad de agua que llega á las atarjeas en litros por hectárea y por segundo; c un coeficiente que depende de la naturaleza de la superficie y que varía entre 0.25 y 0.60, siendo el más alto para los techos y las calles con buenos pavimentos, y el más bajo para los suburbios y partes rurales de la población, generalmente se toma 0.5 como valor medio; r intensidad de la lluvia en litros por hectárea y por segundo; S pendiente general del terreno por mil; A área que deben desaguar las atarjeas en hectáreas.

En esta fórmula se ve que la cantidad que llega á las atarjeas aumenta á medida que la lluvia es más abundante, que crece la pendiente del terreno, y que la superficie es ménos penetrable por el agua, y disminuye cuando el área crece.

El Sr. Hering, refiriéndose á ella en una de sus Memorias, dice:

"Para demostrar el efecto de esta fórmula, la aplicaré á nuestra atarjea de Mill Creek (en Filadelfia) en la parte más baja de la área que desagua, la cual tiene en números redondos 3,100 acres con una pendiente media de 5 por mil. Supongo una lluvia de tres pulgadas por hora, que es lo más que puede permitirse por razón de economía, y admitiremos que el coeficiente que depende de la naturaleza del terreno sea de 0.5 que ampliamente representa los caracteres de los distritos sub–urbanos."

"Con estos datos obtenemos la cantidad de agua que llega á la parte baja de la área.

$$Q = 0.3$$

que corresponde próximamente á un tercio de pulgada por hora, lo que significa que se necesita un diámetro de doce pies en vez de veinte. Las observaciones que yo he hecho de las lluvias durante la construcción de varias partes de esta atarjea, confirman ese resultado."

Respecto de la fórmula del Sr. Hawksley, encontramos en la obra de J. W. Adams, titulada "Sewers and drains of popolous Districts" el hecho práctico que indicamos á continuación:

"Una atarjea que desagüe á una superficie de 869 acres, de los cuales 122 no tienen construcciones; en todo el resto hay construcciones, y en varias partes está muy densamente poblado. Todo, con excepción de unos 20 ó 30 está terraplenado y pavimentado, la pendiente del colector en la desembocadura, y por una milla próximamente, es á razón de 1 en 1135. Con una lluvia de una pulgada por hora, según la fórmula de Hawksley, las dimensiones de este colector deben ser iguales á las de un círculo de seis pies de diámetro, y está construído así. Ha estado lleno varias veces, y *debido á los defectos de su alineamiento* á una milla y media de la desembocadura se ha llegado á derramar. Las atarjeas secundarias que descargan en este colector se extienden hasta la desembocadura que está muy densamente poblada. Si se calculara una lluvia de una pulgada en una hora sobre la superficie total y de tal manera que por la atarjea debiera pasar en dos horas, produciría 457 pies cúbicos por segundo. Esto dividido por el área de la atarjea, 28.27 pies cuadrados, daría una velocidad de 15.38 pies lineales por segundo."

Aquí el Sr. Adams dice que no hay indicación ninguna de que tal velocidad exista; no puede existir porque las condiciones hidráulicas de la atarjea no lo permiten.

El Sr. Adams continúa:

"Por consiguiente una ó dos cosas deben suceder: ó las atarjeas no están destinadas á descargar tanta agua como se ha supuesto por lo general,[1] ó la descarga de los ramales bajos se

1 Aquí se refiere esencialmente á la costumbre que se ha seguido en muchas partes, de calcular las atarjeas suponiendo que todo el producto de una lluvia debe pasar por los conductos en un tiempo doble del que tarda en caer.

adelanta mucho á la de los más altos; nosotros creemos que los dos hechos se verifican á la vez. Por esto es que para calcular las dimensiones de las atarjeas, no podemos suponer á priori que hay una velocidad media uniforme en toda la longitud de la atarjea, determinada por las condiciones de sección y pendiente, ni tampoco fijarnos sólo en las observaciones hechas en la desembocadura. La cantidad de agua que entra á los diferentes ramales es tan variable en cantidad y velocidad, por los diversos caracteres físicos y topográficos de la superficie que desaguan, que pretender expresar esa cantidad y esa velocidad ó sus relaciones por una fórmula, para una superficie extensa sería opuesto al principio de sencillez que todos deseamos, y sería demasiado complicada para un objeto práctico. Las anteriores consideraciones no eximen, pues, de intentar el cómputo de las dimensiones de las atarjeas que han de servir para desaguar áreas extensas, determinando una velocidad uniforme de descarga; y buscando un medio para resolver esta cuestión de un modo conveniente, somos conducidos á adoptar una fórmula extremadamente sencilla que ha sido usada con buenos resultados."

El Sr. Adams aquí hace alusión á la fórmula de Hawksley, y por varias consideraciones que hace antes y despues de los párrafos que acabamos de copiar, deduce la fórmula siguiente:

$$log.\ D = \frac{2\ log.\ A + log.\ N + 3.79}{6}$$

en la que los signos algebraicos tienen la misma significación que en la fórmula de Hawksley; pero D el diámetro resulta expresado en pies.

La fórmula que acabamos de insertar es enteramente empírica, y á nuestro juicio, tiene el inconveniente de que no ha sido deducida por la discusión razonada de hechos prácticos que pudieran servirle de fundamento. Su autor llega á ella por consideraciones bastante extensas sobre el movimiento del agua en los tubos; pero así deduce una fórmula que en su segundo término tiene un exponente fraccionario de $\frac{1}{5}$ que arbitraria-

mente cambia en $\frac{1}{6}$, sin dar para ello la razón, y el único argumento que aduce en favor de esta fórmula, es que en las grandes áreas produce resultados mayores, es decir, se obtienen con ella mayores diámetros que con la fórmula de Hawksley, "lo cual, dice el Sr. Adams, la experiencia ha indicado que es conveniente en esta localidad." (Suponemos que se refiere á Brooklin.)

Esta conveniencia puede muy bien no ser aplicable de un modo general, pues tanto la fórmula de Hawksley como la de Adams no tienen en cuenta un elemento tan variable y tan influyente como es la pendiente del terreno, y basta que ésta sea diferente á la de las localidades para donde dichas fórmulas fueron deducidas, para que sus resultados no sean comparables ni aplicables á otro lugar; creemos que esta puede ser entre otras, una de las causas por las cuales el Sr. Adams encuentra los resultados de su fórmula más aplicables á la localidad á que él se refiere, y el hecho de que la fórmula de Burkli-Ziegler haya sido deducida teniendo á la vista los resultados de experiencias practicadas en Inglaterra, Francia, Alemania y Suiza, nos induce á dar más valor á los resultados que por ella se obtengan y generalizar su aplicación con más seguridad. Ninguna de estas fórmulas es de una exactitud matemática, pero el Sr. Hering les ha dado su verdadero valor en las siguientes frases:

"Si las atarjeas son proporcionadas en sus dimensiones por medio de esta fórmula [1] ó alguna otra deducida de experiencias prácticas y variadas en vez de proporcionarlas por una simple regla de tres, [2] método que no ha sido confirmado prácticamente sino para muy pequeñas áreas, resultarán dimensiones más racionales que las que ahora se calculan, y se obtendrá con esto una grande economía."

1 Se refiere á la fórmula de Burkli-Ziegler.

2 Hace alusión á la práctica viciosa de calcular las dimensiones de las atarjeas proporcionalmente al área que tienen de desaguar, prescindiendo de todos los demás elementos que intervienen en la cuestión y que modifican el resultado en la práctica.

Es, pues, más racional servirse de estas fórmulas para tener una idea aproximada de los efectos de las lluvias sobre las atarjeas, y prever con más aproximación la cantidad de agua que pasará por ellas en los momentos de los fuertes aguaceros.

Nosotros expresamos ya nuestra opinión acerca de que la fórmula de Burkli–Ziegler es la que nos merece más confianza, y dimos las razones que nos sirven de fundamento; pero quisimos conocer los resultados que darian las otras y por esto hemos calculado con ellas las dimensiones de una atarjea empleando los mismos datos para todas, datos que se aproximan á los de la zona central de nuestro sistema de desagüe.

Como unas fórmulas están establecidas según el sistema métrico y otras según las medidas inglesas, vamos á asentar los datos en los dos sistemas de una vez, advirtiendo que las fórmulas de Hawksley y Adams tienen los coeficientes adecuados al caso de una lluvia de $0^{m}025$ en una hora.

Suponemos que el área que se tiene que desaguar mide una extensión superficial de 391 hectáreas (967 acres); una lluvia de $0^{m}025$ descarga 250,000 litros por hectárea (3,376 pies cúbicos por acre); la pendiente general del terreno es de uno en mil, y la pendiente de la atarjea será de uno en mil doscientos cincuenta ó bien 0,0008 (cuatro pies veintidos centésimos por milla).

Aplicarémos desde luego la fórmula de Burkli–Ziegler y se obtendrá sucesivamente:

$$Q = c.\ r.\ \sqrt[4]{\frac{S}{A}}\,, \qquad Q = 0.6 \times 69.5 \sqrt[4]{\tfrac{1}{391.4}}$$

$$\begin{array}{rl} log.\ 0.6 = & 9.7781 \\ log.\ 69.5 = & 1.8420 \\ \hline & 1.6201 \\ - & 0.6481 \\ \hline & 0.9720 = log.\ Q. \end{array} \qquad \begin{array}{l} log.\ \tfrac{1}{391.4} = -\ 2.5926 \\ \qquad -\ 0.6481 = log.\ \sqrt[4]{\tfrac{1}{391.4}} \\ \\ \qquad Q = \overset{lit.}{9.37} \end{array}$$

luego en la parte más baja de la atarjea pasarán 9.37 litros por hectárea y por segundo. Al hacer esta aplicación hemos tomado el valor máximo del coeficiente C para tener en cuenta el

hecho de que pasando el tiempo, toda el área estará habitada y también porque los resultados obtenidos con las fórmulas que vamos á comparar no se modifican por las variaciones que pueda haber en la naturaleza de la superficie, y es de suponerse que sus autores admitieron que toda ella tenía los caracteres que distinguen á la superficie del piso en las ciudades.

Una vez conocida la cantidad de agua que pasa por la atarjea, para determinar la capacidad de ésta, emplearemos la fórmula que usó la "Comisión del drenaje de Massachusetts," derivada de la de Kutter, y tomaremos el valor de los coeficientes que nos dan las tablas calculadas por esa misma Comisión.

Los nueve litros treinta y siete centésimos por hectárea y por segundo que acabamos de calcular, equivalen á mil trescientos treinta y cuatro diez milésimos de pie cúbico por acre y por segundo: luego la cantidad de agua que ha de pasar por la atarjea será 0.967×0.1334 ó bien 129 pies cúbicos por segundo en números redondos.

Para dar paso á esta cantidad de agua en una atarjea con 0.0008 de pendiente, según un cálculo aproximativo hecho con ayuda de las tablas á que antes nos referimos, se necesita que dicha atarjea tenga seis pies y medio de diámetro próximamente.

La fórmula tal como la presenta la "Comisión," es:

$$v = c. \sqrt{r. s}$$

en la que v es la velocidad del agua en pies;

c coeficiente práctico variable con el radio medio;
r radio medio;
s pendiente expresada en fracción decimal ó diferencia de nivel por unidad de longitud.

En nuestro caso tendremos:

$$r = \frac{\pi D^2}{4 \pi D} = \frac{D}{4} = 1.62, \ \sqrt{r} = 1.27, \ c = 119.6, \ \sqrt{s} = 0.0283$$

$$v = 119.6 \times 1.27 \times 0.0283 = 4^{p}.3 = 1^{m}.31$$

$$\frac{129}{4.3} = 30^{\text{pies 2}} = \pi \frac{D^2}{4}, \quad D = 6^{p}.18 = 1^{m}.87$$

el diámetro de la atarjea deberá ser, pues, de $1^{m}87$.

Debemos á la bondad del Sr. Hering un ingeniosísimo diagrama preparado por él, para determinar por la fórmula de Kutter las dimensiones de las atarjeas. Esta fórmula reducida á su más simple expresión, es:

$$v = c \sqrt{r\, s}$$

pero en ésta el coeficiente c varía con la naturaleza del fondo del canal, con la pendiente y con el valor del radio medio, pues tiene la siguiente forma general:

$$c = \frac{41.66 + \frac{1.8113}{n} + \frac{0.002807}{s}}{1 + (41.66 + \frac{0.002807}{s}) \sqrt{\frac{n}{r}}}$$

n es un coeficiente que depende de la naturaleza del material de que está construído el canal, s la pendiente y r el radio medio. Si tomamos por n el valor de 0.013 que corresponde á un canal construído con mampostería de ladrillo, y que es el mismo que aceptó la "Comisión del Drenaje de Massachusetts;" tomamos r, radio medio igual á 1.62 y la pendiente igual á 0.0008; por medio del diagrama se deduce muy fácilmente que $c = 126$ y $v = 4^{p}.55 = 1^{m}.39$, por consiguiente:

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{129}{4.55} = 28.25^{p2}, \qquad D = 6^{p}01 = 1^{m}.83$$

por cuyo resultado se ve que los dos sistemas concuerdan perfectamente.

Aplicando ahora la fórmula de Hawksley que antes transcribimos, se encontrará:

$$\log. D = \frac{3. \log. A + \log. N + 6.8}{10}$$

$A = 968$

$N = 1250$

$$\frac{18.854}{10} = 1.8854 = \log. 76.''8$$

$\log. A = 2.9859$
$\times 3$
8.9577
$\log. N = 3.0969$
12.0546
6.8000
18.8546

$D = 76.''8 = 1^{m}95$

Con la fórmula de Adams se encontraría:

$$\log. D = \frac{2 \log. A + \log. N - 3.79}{6}$$

$\log. A = 2.9858$
$\times 2$
5.9716
$\log. N. = 3.0969$
9.0685
3.7900
5.2785

$$\frac{5.2785}{6} = 0.8797$$

$0.8797 = \log. D = \log. 7\overset{p}{.}58$

$7\overset{p}{.}58 = 2\overset{m}{.}3$

Por los resultados á que acabamos de llegar se deduce que para el caso en que se encuentra la capital, la fórmula de Hawksley produce diámetros sensiblemente iguales ó que se aproximan mucho á los que se obtienen por la aplicación sucesiva de la fórmula de Burkli–Ziegler y de la de la "Comisión del Drenaje de Massachusetts," ó el diagrama de Mr. Hering, mientras que la fórmula de Adams produce resultados notablemente mayores que los de las otras.

Si se tiene en cuenta que el terreno de Londres es más accidentado que el de México, siendo la pendiente general del terreno mayor que la de 0.001 que aquí admitimos para nuestros cálculos, se puede creer que hasta cierto punto esa ha de ser la razón de por qué la fórmula de Hawksley produce resultados un poco mayores que las otras á que primero nos referimos, y que por esto consideramos esos resultados como perfectamente concordantes.

Antes de emitir una opinión definitiva acerca del método que á nuestro juicio se debe seguir para determinar las proporciones de las atarjeas de México, creemos necesario hacer una observación que servirá para fundarla más. Es ésta, que en todas las ciudades de Europa donde se han hecho observaciones para determinar la cantidad de agua que llega á las atarjeas en la unidad de tiempo, los techos de las casas son bastante inclinados por lo general, mientras que en México son casi horizontales, pues tienen muy ligera inclinación, y esta es una causa que ha de retardar bastante la llegada del agua á las atarjeas y al mismo tiempo ha de aumentar las pérdidas por evaporación y filtración. Además, la evaporación es aquí muy rápida á causa de la grande altura á que estamos sobre el nivel del mar y la sequedad de nuestra atmósfera.

Estas razones abogan en pro de la idea de que aun siguiendo el método que produce los menores resultados, las dimensiones que se obtengan para las atarjeas, serán suficientemente amplias, atendiendo á las circunstancias locales de la ciudad de México.

Esta ciudad está en el caso de aquellas que deben admitir una gran masa de agua pluvial en sus conductos subterráneos; el volumen de los desechos de las habitaciones, hemos tenido oportunidad de apreciarlo en las bombas de San Lázaro, y apenas llega á medio metro cúbico por segundo, mientras que el de las aguas de lluvia puede llegar á quince ó veinte metros cúbicos en la misma unidad de tiempo; así es que los desechos representan sólo una pequeña fracción del volumen de agua que se debe desalojar en los momentos de un fuerte aguacero, y no hay que preocuparse por ellos,[1] el procedimiento que se deberá seguir para calcular las atarjeas, será pues:

Calcular la cantidad de agua que llega á las atarjeas por la fórmula de Burkli–Ziegler, y determinar las dimensiones de la sección transversal de esos conductos de desagüe, por la fórmula que la "Comisión del Drenaje de Massachusetts" derivó de la de Kutter.

1 Imitamos en esto á todas las ciudades que están en un caso análogo, porque en ello es uniforme la opinión.

Al fijar las dimensiones de una atarjea, además de todas las consideraciones relativas á la cantidad de agua que debe pasar por ellas, se debe también tener presente la *necesidad que hay de que la corriente líquida adquiera una velocidad de sesenta centímetros por segundo cuando menos, en los momentos en que está llena á la mitad.*

Por la forma de la expresión que sirve para calcular este elemento,

$$v = c\sqrt{rs},$$

se ve que si la velocidad v se hace constante, é igual á una cantidad determinada, el radio medio r y la pendiente s debe variar en razón inversa.

El valor de r se calcula dividiendo el área A por el perímetro mojado P, así es que

$$r = \frac{A}{P};$$

los valores de A varían como el cuadrado de las líneas en función de las cuales se calcula el área, mientras que P sólo es proporcional á los valores de esas mismas líneas; de aquí resulta que r aumenta considerablemente con el área de la sección transversal de la atarjea, y á medida que ésta crece, la pendiente s debe ser menor para satisfacer á la condición establecida de que

$$v = 0.6$$

Esa velocidad de 0^m60 por segundo, es la menor que se puede admitir para que la corriente desaloje los depósitos de materias sólidas que tienden á formarse en la atarjea, y si atendiendo sólo á la extensión del área que uno de estos conductos debe desaguar, se encuentra que es un tubo que colocado en la pendiente disponible en aquel lugar, no se permite al agua adquirir la velocidad de sesenta centímetros por segundo, *se debe siempre sustituir por otro que colocado en esa pendiente satisfaga á la imprescindible condición de que el agua pase por él, cuando menos con una velocidad de sesenta centímetros por segundo*, aun cuando las dimensiones de éste sean demasiado grandes

para los otros servicios que tiene que prestar, pues la disposición que tendrá nuestro sistema de atarjeas permitirá en todos casos introducir en cualquiera de ellas un volumen de agua que las llene hasta la mitad cuando menos, y con esto dejarlas limpias y expeditas.

Esta última circunstancia impone otra condición, cual es: la de que todas las atarjeas laterales *deben tener en su origen, esto es, al partir de la de distribución, una sección bastante amplia para que por ella pase agua en suficiente cantidad para lavar á la lateral en los puntos donde tenga mayor amplitud.*

Son muchas las condiciones que hay que tener presentes para determinar la sección de una atarjea, y como son tantas las atarjeas de la ciudad y tan variadas las condiciones en que se encuentran, por lo que se refiere á su pendiente y al área que tienen que desaguar, la aplicación directa del cálculo, siguiendo el procedimiento que antes indicamos, sería laboriosísima y los resultados que se obtuvieran no merecerían absoluta confianza, porque no se podía establecer un método de comprobación directo y fácil.

Preocupados por esto y por el tiempo que tales operaciones absorberían, nos propusimos simplificarlas, valiéndonos de procedimientos gráficos de la manera que vamos á indicar.

Calculamos primero por medio de la fórmula de Burkli–Ziegler la tabla núm. 2, en la que tomando como argumento el número de hectáreas de una superficie comprendida entre ciertos límites, se encuentra inmediatamente al lado el número de litros por segundo que han de pasar por el punto más bajo de la atarjea, que ha de recibir el producto de una lluvia de 0.025 por hora que se precipite en dicha superficie.

En seguida, con los coeficientes de la tabla núm. 1, y por la fórmula

$$v = c\sqrt{rs},$$

se determinaron las velocidades que con distintas pendientes podía adquirir el agua en atarjeas cuyas secciones fueran de los tipos que nos propusimos admitir, y con esas velocidades

y el área de las secciones, fué ya posible determinar la cantidad de agua que cada atarjea podía descargar en variadas condiciones de pendiente. Los resultados de esos cálculos constan en las tablas 3, 4, 5, 6, etc., y con estos elementos fué ya posible construir los diagramas 1 y 2; el 1 para pequeñas superficies con atarjeas de pequeña sección, y el 2 para las grandes superficies que deben estar provistas de grandes atarjeas.

Nos pareció más cómodo y más inteligible, consignar la explicación y uso de los diagramas en el plano mismo que los contiene; por esta razón no entramos aquí en detalles acerca de la manera de usarlos.

Sí creemos necesario consignar, aun cuando no sea sino para dar una idea de la manera con que los trabajos se han ejecutado, que siendo enteramente indispensable tener á la vista el área de cada porción de la superficie total que debe estar provista de un elemento de desagüe; esos datos se asentaron en un plano separado, así como los del mismo género que corresponden á cada tramo de una misma atarjea cuando es muy larga; y lo hicimos así, porque los datos relativos á las superficies no los creimos necesarios en el plano general, que acompañamos marcado con el núm. 1, pues como son muy numerosos, habrían introducido la confusión en dicho plano, dificultando la fácil percepción de otros que sí son necesarios para dar una idea del proyecto en sus detalles.

4º—FORMA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

En la forma de la sección transversal de las atarjeas ha habido grandes variaciones, desde la rectangular que se usó en los primeros tiempos en que se comenzaron á construir conductos subterráneos de desagüe, hasta la forma ovoide que fué determinada cuando la práctica demostró que era enteramente indispensable concentrar la pequeña cantidad de agua que pasa comunmente por las atarjeas, á un espacio reducido, con el objeto de aumentar la velocidad y disminuir los depósitos que tienden á formarse en las atarjeas de sección rectangular.

Para dar una idea de la diversidad de opiniones que se siguen en otras partes, vamos á indicar cuáles son las prácticas que se observan en varias ciudades, y después diremos lo que aquí conviene hacer, á nuestro juicio.

En Londres hay una gran variedad de formas de atarjeas, pues, como dice muy bien el Sr. Hering, "representan las ideas de varios siglos;" ahora se usan: la forma circular para los tubos de barro, que rara vez son mayores que cuarenta y cinco centimetros, y para ciertas atarjeas de intercepción. La forma ovoide es común en las atarjeas de ladrillo ó de betón, exceptuando en las atarjeas de intercepción como acabamos de decir, y en las que están destinadas á recibir el agua de lluvia. La forma oval con un gran radio en el fondo, se usa cuando hay que remover diariamente una masa considerable de líquidos; las otras formas, tales como la de fondo, plano ligeramente curvo, las que se asemejan á la forma de los túneles de ferrocarril, etc., se usan en casos especiales.

En Paris las atarjeas tienen grandes dimensiones, porque éstas se determinaron admitiendo el principio de que los depósitos se han de remover por un medio mecánico, y para satisfacer á esta condición, es enteramente indispensable que sean accesibles en toda su longitud. Hay en esta ciudad catorce tipos distintos cuyas dimensiones constan en la tabla siguiente:

Número del tipo.	Altura debajo de la Clave.	Anchura en los arranques.	Superficie de la sección.
1	4.40	5.60	18.75
2	4.35	5.20	16.59
3	3.90	4.00	11.81
4	2.98	3.70	9.89
5	3.80	3.00	8.66
6	3.15	2.50	7.04
7	3.55	2.50	6.29
8	2.80	2.30	5.02
9	2.75	2.00	4.23
10	2.40	1.75	3.24
11	2.30	1.30	2.36
12	2.10	1.30	2.15
13	2.00	1.05	1.65
14	2.00	0.90	1.44

Los desagües de las casas tienen también dimensiones exageradas como se puede ver por la tabla siguiente:

Número del tipo.	Altura.	Anchura en los arranques.	Ancho del fondo.
1	1.80	1.800.90	0.60 para longitudes mayores que 6 metros.
2	1.40	1.400.60	0.40 entre 2 y 6 metros.
3	1.00	1.000.60	0.40 para 2 metros ó menos.

Si además de que las secciones son tan grandes, se tiene en cuenta que las pendientes son por lo general muy pequeñas, se comprenderá fácilmente por qué hay necesidad de que los azolves de las atarjeas sean removidos constantemente por cuadrillas, que unas veces después de levantarlos, los transportan á pequeños wagones que circulan en el interior de las atarjeas mismas y otras los desalojan por medio de botes-compuertas; pero cualquiera de los dos sistemas es lento y penoso.

En Berlin se usan tubos circulares de barro para las atarjeas hasta de cincuenta y un centímetro de diámetro. Las de ladrillo son generalmente de sección ovoide, exceptuando algunas de las más grandes que son circulares y aun aplanadas, es decir, con un diámetro horizontal mayor que el vertical. por falta de altura necesaria debajo de la superficie de la calle. Los tubos que conducen el agua á las bombas. son de fierro y tienen un metro de diámetro, con excepción de uno que tiene sólo setenta y cinco centímetros.

En la excelente Obra en que están descritos los pormenores todos de la "Canalización de Berlín," acompañada de un magnífico atlas, escrita por el autor del proyecto y director de los trabajos, Sr. Hobrecht, vemos que hay diez tamaños distintos de tubos de barro de sección circular, comprendidos entre veintiuno y cincuenta y un centímetros de diámetro interior; la forma ovoide más pequeña tiene ochenta centímetros de altura por sesenta de ancho en los arranques; la mayor es de dos metros

de altura por un metro noventa centímetros de ancho y hay otros catorce tipos intermedios con distintas proporciones. De forma circular y de grandes dimensiones sólo hay un tipo de dos metros de diámetro. Siguen después los de forma rebajada, de los que son diez figuras distintas, que se pueden clasificar en dos categorías: aquellos en que el fondo está formado por un arco de círculo que tiene veinte centímetros de flecha y aquellos en que la flecha de ese mismo arco es de sólo diez centímetros; los primeros tienen todos dos metros de altura y su ancho varía desde dos metros diez centímetros hasta tres metros diez centímetros, los segundos son desde setenta centímetros de altura por un metro veinte centímetros de ancho, hasta uno sesenta de alto por tres metros de ancho; hay en conjunto treinta y siete distintas figuras.

En Viena no se usan los tubos de barro sino para los albañales de las casas. La forma de las atarjeas es ovalada con un fondo bastante aplanado, pues su radio difiere muy poco del de la bóveda. Las antiguas atarjeas tienen por lo general un fondo plano y una bóveda semicircular, especialmente en aquellos que están destinados á recibir los arroyos.

En Liverpool todas las atarjeas son de forma ovoide, con excepción de algunas de los colectores principales que son de sección circular.

En Frankfort se han empleado tubos de barro de treinta y cuarenta centímetros de diámetro. Las demás atarjeas son de ladrillo y de sección ovoide, exceptuando algunos colectores principales que son de sección circular. Las más pequeñas atarjeas de ladrillo tienen $0^{m}.85$ de alto por $0^{m}.60$ de ancho.

En Dantzic casi todas las atarjeas son de tubos, con excepción de los colectores principales y las atarjeas de intercepción que son de ladrillo y con sección ovoide. La mayor parte de los tubos son de veintitrés centímetros, el diámetro mínimo es de quince centímetros y el máximo de cuarenta y cinco. Los colectores principales, que son de sección ovoide, tienen un metro veintitrés centímetros por ochenta y uno.

En Brighton se usan tubos circulares de 30 á 45 centímetros

de diámetro. Las atarjeas de ladrillo son de sección elíptica; pero la principal atarjea de intercepción es circular. La sección más común está formada por tres círculos: el radio de la cubeta ó fondo es en todas semejante y de 23 centímetros de radio; el de los costados varía con las dimensiones de la atarjea. La dimensión más pequeña de los tubos es, como dijimos antes, de 30 centímetros, pero en esta ciudad prefieren las atarjeas de grandes dimensiones á donde se pueda entrar para limpiarlas. Las atarjeas más pequeñas de ladrillo tienen $0^{m}81$ por $0^{m}60$; los tamaños más comunes son: $1^{m}22$ por $0^{m}60$ y $1^{m}05$ por $0^{m}76$. El colector principal es de $1^{m}95$ de diámetro en el origen y de $2^{m}25$ en la desembocadura.

En Oxford las nuevas atarjeas son de tubos de barro de $0^{m}23$ á $0^{m}43$ centímetros de diámetro y conductos de ladrillo que tienen las proporciones siguientes: tocando el radio de la cubeta como unidad, el de la bóveda es 2 y el de los lados 6; la altura de la atarjea es 6.

En Washington, Estados Unidos, se usan tubos de barro de sección circular y de 5 diámetros distintos, desde 30 hasta 60 centímetros; hay, además, 13 tipos distintos de atarjeas de ladrillo de sección ovoide; la más pequeña tiene $0^{m}90$ por $0^{m}60$ centímetros y la mayor 4 metros 80 centímetros por 3.20; en los nueve primeros tipos, á partir del más pequeño, colocan siempre para formar la cubeta un medio tubo de barro, cuyo diámetro varía entre 30 y 53 centímetros, según la capacidad de la atarjea; esta práctica nos parece muy conveniente porque á la vez que se reduce el área que el agua puede ocupar cuando es pequeño su volúmen, la superficie lisa del barro bien vidriado facilita el escurrimiento y previene los depósitos.

Las atarjeas de intercepción en Washington, lo mismo que en los demás casos que hemos visto, son circulares y su diámetro varía entre 3.20 y 6.10 y la cubeta es de piedra dura.

Por la ligera exposición que acabamos de hacer de las formas que para las atarjeas se emplean más comunmente en varias ciudades, se ve que la práctica más constante es emplear tubos de barro para las pequeñas secciones, atarjeas de ladrillo de

forma ovoide para las dimensiones intermedias, y con el mismo material ó piedra construir conductos circulares para las grandes secciones.

Todo esto, á nuestro juicio, es perfectamente racional y práctico. En efecto, cuando una atarjea es de muy pequeñas dimensiones, es casi imposible construirla perfecta si se hace de ladrillo, porque no se puede inspeccionar fácilmente su interior, y aun con buena voluntad por parte de los albañiles (con la que en la práctica no se puede contar), la construcción quedaría defectuosa,[1] un tubo de barro se inspecciona muy fácilmente antes de colocarlo y si tiene defectos notables se desecha; por consiguiente para que una atarjea de tubos de barro quede buena, bastará sujetar á los tubos á una inspección rigurosa desechando todos aquellos que no satisfagan á las condiciones de perfección que se les deben imponer, y después procurar que la colocación se haga con el mayor cuidado posible. La superficie vidriada de los tubos contribuye á facilitar el movimiento del agua y esto dificulta la formación de los depósitos ó azolves. La construcción de los tubos de barro de forma ovoide es más difícil que la de los de seccióu circular, y por otra parte, aunque conviene concentrar la corriente cuando el volumen de agua es pequeño, esta concentración no se debe llevar hasta un límite exagerado y es preferible adoptar una forma circular sencilla que no complicar esta forma y aceptar las irregularidades que forzosamente deben resultar con esta complicación, al fabricar los tubos con un material que, como el barro, se deforma tanto cuando está fresco, pues la inspeccion y rectificación de los tubos de sección ovoide es mucho más difícil que la de los circulares, y las diferencias de forma pueden producir defectos muy notables que perjudicarían el escurrimiento de las aguas.

Por las atarjeas de una dimensión media pasan cantidades de líquido bastante variables, y si se les diera una forma circular, en los momentos en que se verifica el paso de la cantidad mínima, las resistencias que encontraría para desalojarse serían

1 Suponemos en todos casos que las superficies interiores de todos los conductos han de ser superficies cilíndricas.

considerables y por lo mismo la velocidad muy pequeña; allí está, pues, indicado el empleo de atarjeas de sección ovoide que disminuyen en partes los inconvenientes de los gastos variables; pero puede ser que en ciertos casos no haya bastante altura para construir una atarjea de sección ovoide y que por esa razón sea enteramente indispensable hacerla circular; para estos casos es para los que hemos puesto en las tablas y diagramas, secciones de unas y otras, que dan el mismo gasto próximamente.

En las atarjeas de grandes dimensiones hay también diferencias en los volúmenes de agua que pasan por unidad de tiempo en las diversas horas del día, pero en lo general siempre llevan una cantidad que está menos desproporcionada respecto de la sección de la atarjea que en las de dimensiones medias. Si tomamos, por ejemplo, el caso de una atarjea circular de 1 metro 80 centímetros de diámetro con pendiente de 0.0008, que se aproxima á las condiciones en que estarán nuestras mayores atarjeas, vemos que bastará que el agua ocupe en el fondo un arco que tenga 20 centímetros de flecha para que el agua adquiera la velocidad de 60 centímetros por segundo, que necesita para que no se depositen los cuerpos sólidos que producen los azolves, y por otra parte, será muy fácil proveerlos constantemente de la cantidad de agua que necesitan para que se conserven siempre limpios, y esta es otra razón para que en los colectores principales no se acepte la forma ovoide que no deja de tener algún inconveniente. Este es, que como en las atarjeas de esa forma se disminuye el ancho, si para conservar la misma capacidad se aumenta la altura, en los momentos en que la atarjea se llena, la pendiente de la superficie del líquido disminuye mucho más que cuando se adopta la forma circular.

Para facilitar la construcción y hacer también más fácil y económica la conservación de las atarjeas, conviene reducir al mínimo posible el número de tipos que se adopten. Nosotros aceptamos los que constan en los diagramas, y como en las secciones circulares no hay nada notable, sólo hemos dibujado en el plano núm. 2 los tipos de atarjeas ovoides que proponemos;

allí se pueden ver sus proporciones y todos los principales elementos relativos á ellas.

5º—ENLACES Y CONEXIONES DE ALBAÑALES Y ATARJEAS.

Al proyectar los enlaces de dos ó más atarjeas, se debe tomar toda clase de precauciones para impedir que se formen depósitos en el punto donde se reunen los conductos. Describiremos aunque sea rápidamente cuál es la práctica que se sigue en varias ciudades, para deducir de allí lo que nos conviene hacer aquí.

En Londres, las atarjeas se unen entre sí por medio de curvas de un radio bastante amplio, pero no hay uniformidad en los detalles. Están esos enlaces cubiertos generalmente por un arco en forma de embudo, y las atarjeas separadas por una construcción especial á la cual se le da el nombre de "lengüeta." La cámara donde se verifica el enlace tiene siempre un pozo de ventilación. Las conexiones de la atarjea y de los albañales de las casas se hacen siempre bajo un ángulo, ya sea por medio de un block de piedra perforado ó bien por medio de tubos cortados oblicuamente, que se colocan dentro de la mampostería en el momento de la construcción.

En Paris, las atarjeas de grandes dimensiones, por lo general, se unen dentro de cámaras rectangulares cubiertas con un arco cilíndrico. Las curvas de los tipos, que se limpian por medio de botes (bateaux vannes), tienen por lo menos 60 metros de radio; en aquellos que se limpian por medio de wagones, tienen 30 metros, y si no se puede alojar una curva de este radio, entonces se pone una línea quebrada y se coloca una plataforma giratoria para que pase el wagoncito; sin embargo, siempre que es posible se procura evitar esta disposición, que es defectuosa. Las atarjeas que no tienen rieles se unen bajo cualquier ángulo, y cuando lo permiten las circunstancias se le da á la atarjea

más pequeña un incremento de pendiente, con el objeto de que el agua de la atarjea mayor no retroceda en la menor y detenga la corriente de ésta. La pendiente en los enlaces de las grandes atarjeas también está determinada por la necesidad de establecer las banquetas que sirven para la circulación de los operarios, á nivel; así es que el aumento de pendiente se obtiene todo en la cubeta. Cuando una atarjea que no tiene banqueta descarga en otra que la tiene, la cubeta de la primera deberá quedar de 25 á 30 centímetros más abajo que la banqueta. Cuando se ligan dos atarjeas ovoides, siempre que es posible, se les da en la unión una caída de 20 á 30 centímetros; los albañales de las casas descargan por lo general un metro arriba del fondo de las atarjeas y entran en ángulo recto.

En Berlin, los enlaces de las grandes atarjeas se verifican por lo general en ángulo recto; sólo se exceptúa el caso en que las calles mismas se cortan bajo un ángulo agudo, pues entonces las atarjeas se encuentran bajo el mismo ángulo. Comunmente la conexión se hace debajo de una cámara rectangular con bóveda cilíndrica, y en muy pocos casos hay una "lengüeta;" las bóvedas en forma de embudo se evitan por lo general. Cuando hay curvas en las cámaras de enlace, son casi siempre de un radio muy pequeño y no se toma ninguna precaución para compensar el aumento de resistencia que el agua encuentra al pasar por ellas. Los albañales de las casas entran bajo un ángulo agudo, y se les inserta en la mampostería de la atarjea desde el momento de la construcción:

En Viena, la unión de las atarjeas se hace por lo general bajo un ángulo de 45 grados, y cuando son demasiado grandes para que se puedan llenar alguna vez, el enlace se verifica en un ángulo de 60 á 90 grados. Los albañales de las casas entran bajo un ángulo recto como en Paris.

En Liverpool, las grandes atarjeas se unen en una cámara cubierta por una bóveda en forma de embudo; los tubos de barro se ligan en los pozos de visita. Las atarjeas de tubo se unen á las de ladrillo bajo un ángulo de 45 grados, unas veces con un block de piedra y otras con un tubo cortado oblicuamente.

Las conexiones para los albañales de las casas se hacen desde el momento de la construcción, y si no se usan inmediatamente se tapan con un pedazo de pizarra.

En Hamburgo, los enlaces de las atarjeas están hechos siempre con curvas amplias y cubiertas con un arco en forma de embudo. Las conexiones con los albañales de las casas se hacen bajo un ángulo, y entran á la altura de los arranques de la bóveda.

En Frankfort los ejes de las atarjeas se encuentran tangencialmente en los puntos donde se unen, y las curvas tienen un radio bastante grande; las cámaras están cubiertas con una bóveda en forma de embudo. Los fondos de las atarjeas están á una altura tal, que el nivel del agua en los tiempos normales sea el mismo en la atarjea principal y en los ramales que se enlazan con ella. Las atarjeas de tubo se enlazan siempre en los pozos de visita. Las conexiones de los albañales con las atarjeas se hacen por medio de blocks intercalados en la mampostería de las atarjeas y bajo un ángulo de 45 grados; los desemboques están colocados á la altura del nivel común del agua para evitar las cascadas y las irregularidades consiguientes en la corriente, que siempre ocasionan depósitos de materias sólidas; estos enlaces de los albañales se construyen al mismo tiempo que la atarjea en frente de cada casa, y cuando no se usan se tapan temporalmente.

En Dantzic hay siempre un pozo de visita en cada punto de unión de dos atarjeas. Los albañales de las casas se unen á estos conductos por medio de tubos que se insertan en la mampostería al hacer la construcción.

En Brigthon los enlaces se efectúan siempre por medio de curvas de gran radio en una cámara con bóveda en forma de embudo, y los albañales se insertan en las atarjeas bajo un ángulo de 30 grados por medio de un block ó tubo.

En Oxford se construyen, como se acaba de decir para Brigthon. Las uniones de las atarjeas de tubos se hacen enteramente en los pozos de visita, con un aumento de pendiente de 25 á 50 milímetros en el tubo de dimensión más pequeña.

Cuando las atarjeas principales están muy profundas, para hacer fácilmente las conexiones de los albañales, se construyen pozos de quince centímetros de diámetro, á un lado de la atarjea; la parte superior de este pozo es una cámara de ladrillo, donde los albañales descargan el agua que desciende por el pozo á la atarjea. Si una atarjea secundaria tiene que descargar en una principal que esté mucho más baja que ella, se construye un ramal inclinado cuarenta y cinco grados sobre el fondo de la principal; la parte recta del tubo se prolonga hasta un pozo de visita con el objeto de poderlo inspeccionar. Cuando la cantidad de agua es considerable, se contruye, además, un escape con escalones de ladrillos azules, que son sumamente duros.

El juicio crítico que el Sr. Hering hace sobre los diversos sistemas que acabamos de enumerar, nos parece muy bueno y por eso creemos oportuno y conveniente darlos á conocer; dice lo siguiente:

"Los enlaces de las atarjeas han causado más ó menos perjuicios, molestias y dificultades retardando el movimiento del agua en los puntos de unión; estas dificultades han sido ocasionadas porque no se han dado á las corrientes que se deben reunir, la dirección conveniente, por el retroceso del agua en los ramales y por los remolinos que hacen que se deposite el lodo deteniendo la corriente, lo cual produce también el resultado de que no se aprovecha toda la capacidad de descarga de la atarjea."

"La dirección que tienen dos corrientes al reunirse, ejerce una grande influencia en la velocidad de la corriente resultante."

"El ángulo de unión debe, pues, arreglarse de manera que la dirección de las corrientes sea casi la misma antes de que se confundan en una sola; de esta manera ninguna de las dos perderá mucha velocidad para sobreponerse á las resistencias ocasionadas por el cambio de dirección; y mientras menor sea la diferencia entre los dos volúmenes de las corrientes, más cuidadosamente se debe procurar satisfacer á esta condición."

"La unión de las grandes atarjeas se hará tanto mejor, cuanto mayor sea el radio de la curva que las ligue; de esto se ha tenido el mayor cuidado en Inglaterra y en las ciudades alemanas de Frankfort y Hamburgo. En Berlin algunas de las principales uniones entre las grandes atarjeas, se hacen bajo un ángulo recto, ú otro que difiere muy poco de éste; en los puntos en que los enlaces se hacen en tales condiciones, hay muchos depósitos de materias sólidas, y probablemente no se han presentado otros inconvenientes graves sólo porque la velocidad del agua no es muy grande en los puntos en donde se unen las atarjeas."

"Cuando las pequeñas atarjeas ó los albañales de las casas se ligan á los grandes colectores, por una práctica casi universal la inserción se hace bajo un ángulo de 30° á 45°. Ha habido quien asegure que las uniones hechas de esta manera, sirven para acelerar la corriente del agua en las atarjeas. Aun cuando esto puede ser verdad teóricamente, el efecto en las circunstancias más favorables es tan pequeño que no ha tenido una confirmación práctica digna de considerarse."

"No se debe, pues, reducir las dimensiones de las atarjeas suponiendo que se ha de verificar tal incremento de velocidad; por el contrario, el resultado se considerará como muy satisfactorio si sólo se consigue que en los enlaces no se retarde la corriente."

"Cuando dos ó más atarjeas de tubo y de pequeño diámetro se ligan entre sí, toda la curva debe estar dentro de un pozo de visita, con el objeto de que sea posible ver la atarjea en toda su extensión. La pequeñez de la corriente en esas atarjeas hace que no presente graves inconvenientes el que la vuelta sea rápida, y además se procura siempre compensar el aumento de resistencia en la curva con un incremento en la pendiente que se da dentro del mismo pozo de visita."

"Otro punto importante en los enlaces de las atarjeas, es también la altura relativa de las dos corrientes que se unen, y si no se le da toda la importancia que tiene, pueden ocurrir retrocesos del agua y depósitos en uno de los dos ramales.

Teóricamente se puede impedir esto arreglando las atarjeas de manera que el agua de cada una de ellas llegue al punto de unión exactamente á la misma altura; pero en la práctica es imposible conseguirlo en todas las condiciones de descarga; basta, sin embargo, disponer las cosas para la corriente que pasa durante el 90 por ciento del tiempo y se arreglan los fondos de manera que el nivel del agua sea el mismo en todos los ramales, ó que se eleve á medida que la cantidad de agua disminuye. En otras palabras, los ramales pequeños pueden ligarse á los grandes de dos maneras: ó bien descargan su corriente diaria al nivel del de la atarjea mayor, ó bien el ramal más chico descarga á un nivel más alto."

"Cuando dos corrientes se encuentran en un pozo de visita, opuestas la una á la otra y arriba del fondo de la atarjea principal, deben colocarse á distintas alturas ó puede también dárseles una ligera desviación lateral, para impedir que esas corrientes choquen entre sí cuando las atarjeas descargan todo el volumen que pueden contener."

"La tercera consideración que se debe tener presente es impedir que en los enlaces se formen remolinos, porque además de que ocasionan depósitos, retardan la corriente."

"Los remolinos se producen por los cambios repentinos de la sección transversal de la masa de agua en movimiento; esos cambios repentinos deberán evitarse, y se procurará que el encuentro de dos corrientes que se han de confundir en una sola, se haga siempre gradualmente, y esto se consigue con las construcciones llamadas lengüetas, que hacen que se extiendan las cubetas hasta que se cortan sus respectivas superficies interiores, en vez de permitir que dos ó tres atarjeas descarguen su contenido en una cámara de fondo casi plano. Mi experiencia me ha confirmado el hecho de que los remolinos, y por consiguiente los depósitos, se evitan completamente por este medio, pues mientras que en Inglaterra, Frankfort y Hamburgo no advertí ningún depósito en los enlaces provistos de lengüetas, en Paris y Berlin ví una cantidad considerable de fango depositado en donde los enlaces se verificaban en cámaras rec-

tangulares de fondo relativamente plano. Aun en los pozos de visita donde se unen varias atarjeas, las lengüetas previenen los depósitos, y para construirlas se prolongan las cubetas hasta que se verifica la intersección de las superficies que las forman; el fondo está construído con betón y aplanado con cemento bruñido. Estas uniones en los pozos de visita son preferibles á la antigua costumbre de terminar los conductos en los muros del pozo, dejando abajo un espacio en donde se forman depósitos de materias sólidas, como sucede en Dantzic, en Berlin y en algunas ciudades de Inglaterra."

El Sr. Rawlinson, al ocuparse de este punto, dice lo siguiente:

"12.—Las atarjeas de diferente diámetro no deben tener sus cubetas á nivel en el punto de enlace, pues la más pequeña, es decir, la tributaria, debe estar más alta una cantidad por lo menos igual á la diferencia de los diámetros. Los enlaces de las atarjeas y albañales deben hacerse con cuidado, y de tal manera que el agua de los laterales no impida ó perturbe la corriente de la atarjea principal. Si las cubetas de las atarjeas laterales ó tributarias no están más altas, ó por lo menos á la altura del nivel ordinario del agua en la atarjea principal, serán invadidas por los líquidos que contiene ésta, se formarán depósitos en toda la extensión en que está sumergida la cubeta, y el albañal ó la atarjea lateral llegará á obstruirse con sus propios sedimentos. Cuando en algún lugar muy plano se ligan las cubetas al mismo nivel, los conductos laterales se obstruyen con frecuencia, porque en éstos el agua escurre de un modo intermitente, y la del colector principal que es más constante, los invade y detiene á la de los otros produciendo los depósitos."

"17.—Las conexiones para los albañales de las casas deben colocarse en todas las atarjeas nuevas, formar parte del contrato y su costo se debe incluir en el de éste. Durante la construcción de las atarjeas, se debe fijar en un plano ó en un cuaderno por medio de un croquis con las distancias escritas la posición de todas esas conexiones, y aquellas que no se usen inmediatamente se taparán cuidadosamente mientras se pre-

senta la necesidad de emplearlas. Si las conexiones no se colocan en el momento de la construcción, después será mucho más costoso hacerlo. Será sin duda alguna más económico, insertar conexiones de más durante la construcción, que remover tubos ó agujerear las atarjeas de ladrillo, cuando se han llenado los tajos y se ha arreglado el pavimento de las calles."

Todos estos importantísimos datos prácticos, nos permiten ya deducir sin gran trabajo, cuáles son las reglas que se deben seguir para la construcción de los enlaces de las atarjeas de México y las conexiones de los albañales, y prevenir así los inconvenientes que se presentan en las funciones de las atarjeas, cuando no se construyen de acuerdo con estas reglas que establecemos á continuación:

1ª—Siempre que en un punto se enlacen dos ó tres atarjeas, se deben prolongar las cubetas para construir la intersección de las superficies cilíndricas que las forman, hasta donde esto sea prácticamente posible. Para cada tipo de enlace deberá determinarse cuál es ese límite práctico; pero la forma general es la que se indica para un enlace de tres atarjeas en las figuras de la lámina Nº 3, y las que en las figuras 1 de la Nº 4 y en todas las de la Nº 5, se han dado para un enlace de dos atarjeas.

2ª—Esos enlaces deberán cubrirse con una bóveda en forma de embudo, tal como la representan algunos de los dibujos que antes citamos, ó con otra disposición que la sustituya, si se encuentra más conveniente por razón de economía ó facilidad de construcción.

3ª—Los enlaces se harán con curvas que tengan el mayor radio que sea posible, si se trata de atarjeas de dimensiones grandes ó medias, procurando que las líneas de los ejes se unan tangencialmente; pero si se trata de atarjeas de tubos pequeños, entonces la curva de enlace estará toda comprendida dentro de un pozo de visita para que el tubo se pueda inspeccionar desde el pozo.

4ª—En el segundo caso á que acabamos de hacer referencia, también debe seguirse el método establecido por la primera

regla, tal como lo indican las figuras números 1 y 2 del dibujo Nº 6.

5ª—En todos casos se debe procurar que los fondos de los ramales queden á la altura conveniente para que el nivel del agua en ellos sea el mismo que el que tiene en la atarjea mayor donde descargan, tomando como altura del agua en éstas, la que tendrá probablemente durante el noventa por ciento del tiempo.

6ª—Los albañales de las casas se deben insertar en las atarjeas bajo un ángulo de 30 grados y deben también colocarse á la altura del nivel ordinario del agua, cuando la atarjea no sea muy profunda, pues si este caso se presenta, convendrá tal vez más, hacer la inserción un poco más arriba para facilitar la construcción.

7ª—Cuando dos albañales ó atarjeas de pequeñas dimensiones se encuentran en un pozo de visita y opuestas la una á la otra, conviene desviar á alguna de las dos hacia adelante con el objeto de que cuando estén completamente llenas, no choquen las corrientes si se encontraran directamente opuestas.

8ª—En el momento en que se construyan las atarjeas, se colocarán desde luego las *conexiones* para los albañales de las casas, no sólo las que se necesiten desde luego, *sino todas las que se prevea que se pueden necesitar en el porvenir;* aquellas que no se usen, se taparán cuidadosamente y todas se anotarán en un registro especial dibujado de tal manera, que en cualquiera tiempo se pueda fijar la posición exacta de cada una de ellas, para cuando se necesite emplearla.

Abrigamos la convicción de que si se observan todas estas reglas cuidadosamente durante la construcción, cuando las atarjeas funcionen no habrá depósitos de materias sólidas ocasionados por choques de corrientes, retrocesos de agua ó remolinos, ni tampoco gastos excesivos ó trastornos al hacer las conexiones.

6º—POZOS DE VISITA Y POZOS PARA LÁMPARAS.

Los pozos de visita son unas construcciones especiales que sirven para dar acceso á las atarjeas cuyas dimensiones permiten que se pueda entrar á ellas.

Los pozos para lámparas sustituyen á los pozos de visita en las atarjeas que no son accesibles por sus exiguas dimensiones, y sirven para reconocer el estado de azolve de una atarjea pequeña, por el medio que indicaremos al hablar de la conservación de dichos conductos.

En éste, como en todos los demás puntos que se refieren á los sistemas de desagüe, no se sigue una misma práctica en todas las ciudades que lo tienen, dependiendo esto en parte de que la opinión no es uniforme acerca de la disposición más conveniente para las construcciones de que nos ocupamos, y en parte también de que esa disposición se debe modificar por circunstancias locales.

Consecuentes con el método que adoptamos desde el principio, haremos una breve reseña de la manera con que se disponen los pozos de visita en varias ciudades, procurando después indicar cuál es la que conviene á nuestras condiciones.

En Londres, la mayor parte de los pozos de visita tienen una entrada lateral como la figura Nº 1 del dibujo Nº 8, especialmente en la parte central de la ciudad; unas veces se baja por conductos verticales y otras por escaleras ó conductos inclinados. Cuando están en el centro de la calle, tienen por lo general de $0^{m.}76$ á $0^{m.}90$ de diámetro y están cubiertos con una tapa de fierro, en parte agujereada y en parte incrustada con pequeños blocks de madera, que sirven para amortiguar el ruido que producen las ruedas de los vehículos al pasar encima de ellas. Cuando las entradas están sobre la banqueta, las cubre una tapa sólida de fierro, y en los momentos en que se levanta, porque el pozo esté en uso, la abertura se protege con una parrilla. Los nuevos pozos de visita para las atarjeas de tubo, no tienen como antiguamente, una caja ó depósito, sino

que la cubeta se prolonga con su forma cilíndrica, ya sea en línea recta, ya en curva. Los pozos para lámpara son de $0^{m.}$ 15 á $0^{m.}$ 30 de diametro y se colocan por lo general sobre las curvas de las atarjeas de tubo; cuando estos pozos se han de usar para la ventilación, se construye en la parte superior y á un lado, un pequeño depósito abierto sobre la calle; esta abertura que tiene de $0^{m.}$ 23 á $0^{m.}$ 45, se cubre con una tapa perforada, y la cubierta que sirve para cerrar el pozo, no tiene abertura ninguna; esta disposición tiene por objeto impedir que la basura de la calle caiga en la atarjea y la azolve: está representada en las figuras del plano Nº 5. En los extremos aislados de las pequeñas atarjeas de tubo, hay por lo general una construcción especial que sirve para dar golpes de agua; es muy semejante á los pozos para lámpara, pero tiene en la parte baja un tanque que puede contener por lo menos una yarda cúbica de agua. En ciertas atarjeas pequeñas, por donde puede pasar un hombre con alguna dificultad, se construyen de trecho en trecho ciertos lugares de descanso que tienen 1.83 de largo por 1.83 de alto.

En Paris, los pozos de visita, á los que allí les dan el nombre de "branchements de regard," tienen siempre la entrada por las banquetas, nunca en el centro de la calle. Están cerrados por tapas de fierro colado de ochenta centímetros de diámetro, y se desciende á ellos por escalones de fierro dulce fijos en el muro á treinta centímetros de distancia. El piso del túnel que conduce á la atarjea está á treinta centímetros arriba del fondo de la atarjea y con una inclinación hacia él de uno y medio por ciento. Algunas veces en las grandes atarjeas que llevan mucha agua, hay escalones de piedra en vez del plano inclinado de que acabamos de hablar. La altura del túnel es de dos metros, la anchura es de un metro en los arranques de las bóvedas y de cincuenta centímetros en el fondo. Los pozos para lámpara no se usan en Paris; los de visita están invariablemente á cincuenta metros de distancia, con la sola excepción del caso en que por seguir esta regla se tuviera que poner la entrada en un cruzamiento de banquetas.

En Berlin, al contrario de lo que se acostumbra en Paris, los pozos de visita están colocados en el centro de la calle por lo general, directamente arriba de la atarjea y cubiertos con tapa perforada cerca de la periferie é incrustada en el centro con pequeños blocks de madera, con el objeto de amortiguar el sonido como se acostumbra en Londres; unos cinco centímetros abajo de la tapa de fierro colado, hay otra placa de fierro dulce que sirve para recoger la basura é impedir que llegue á la atarjea, y la placa de fierro dulce está perforada en el centro para que la atarjea se ventile. Los operarios descienden á los pozos de visita por escalones de fierro, colocados en uno de los muros. En las atarjeas de ladrillo, los pozos de visita tienen cincuenta y tres centímetros de ancho en la parte superior; esta anchura la conservan en el sentido del eje de la atarjea, pero aumenta en el sentido perpendicular, y generalmente los muros del pozo vienen á ser la prolongación de los de la atarjea. Para las atarjeas de tubo, los pozos tienen cincuenta y tres centímetros de diámetro en la parte superior y crece hasta tener noventa y cuatro centímetros, á un metro veinte centímetros abajo del nivel de la calle, cuyo diámetro se conserva hasta el fondo, cualesquiera que sean las profundidades; además, en estos pozos el fondo está á algunos centímetros más abajo que el tubo de salida, y éste á su vez más bajo que el tubo de llegada. Los pozos de visita están de sesenta á noventa metros de distancia, y hay siempre uno en los cruzamientos de las calles y en los cambios de dirección de las atarjeas. No hay en Berlin pozos para lámparas, propiamente dichos.

En Viena, los pozos de visita son cuadrados y tienen sesenta y tres centímetros, por sesenta y tres, creciendo en tamaño si son muy profundos; por lo general están construídos directamente sobre las atarjeas, pero en las calles donde el tráfico es muy grande, tienen la entrada por las banquetas. Las tapas, que son de fierro colado, de siete á diez centímetros de espesor, están perforadas con agujeros de cinco centímetros por lado, separados entre sí doce milímetros. Los escalones están formados por barras de fierro dulce, atravesados diagonalmen-

te en los ángulos. Los pozos están á sesenta metros de equidistancia próximamente. No hay en Viena pozos para lámparas.

En Liverpool, los pozos de visita son rectangulares por lo general, y tienen sesenta y seis centímetros de largo perpendicularmente al eje de la atarjea y cuarenta y seis centímetros en el sentido del eje de ésta; en el fondo se ensancha en una cámara cubierta con bóveda y de un metro cincuenta centímetros de largo, por uno ochenta de alto y sesenta y cinco centímetros de ancho, lo que proporciona las dimensiones necesarias para remover con palas los depósitos y manejar los cubos. En los puntos donde se enlaza una atarjea de tubo, hay un ramal del pozo de visita que se extiende en la dirección de dicha atarjea; antiguamente las cubiertas de los pozos eran de piedra, pero ahora son gruesas planchas de fierro colado que tienen sesenta y cinco centímetros por cuarenta y cinco y sujetas á la parte fija por una fuerte visagra; la cara superior tiene ranuras y los intersticios están llenos de cemento; á un lado del pozo hay una pequeña caja de depósito de sesenta centímetros de largo, veinte de ancho y setenta y cinco de profundidad; esta caja está cubierta con una tapa con charnela, que tiene doce agujeros de diez centímetros por tres, y la comunicación con el pozo de visita se establece por medio de un tubo de barro de veintiocho centímetros. Los pozos para lámparas están formados por tubos de barro de veintitrés centímetros de diámetro que terminan en otro de quince, el cual está cerrado con una tapa sólida. Muchos de ellos tienen también á un lado una pequeña caja de depósito, de fierro fundido, cubierta con una tapa perforada para la ventilación. Los pozos de visita están colocados á una distancia de sesenta á ciento veinte metros.

En Hamburgo, los pozos de visita tienen noventa y tres centímetros de diámetro, y en las calles muy concurridas la entrada está en las banquetas, con doble cubierta como en Londres; en otras están colocados directamente sobre la atarjea, cubiertos con una tapa perforada y sin tener abajo una caja de depósito para impedir que la basura caiga á la atarjea; los pozos

están á cien ó ciento cincuenta metros de distancia y no hay pozos para lámparas.

En Frankfort, los pozos de visita tienen generalmente su entrada lateral; sólo en las calles muy estrechas y en los que sirven para las atarjeas de tubos, están colocados directamente sobre el eje de la calle. En el primer caso, hay un paso de dos metros de altura por uno de ancho, de la atarjea á la banqueta; debajo de ésta hay un pozo para llegar al nivel de la calle, el cual está tapado con una doble cubierta como en Londres y en Hamburgo; cuando el pozo está en el eje de la calle, su sección es circular. Los pozos para lámparas tienen veintitrés centímetros de diámetro y están colocados á una distancia de treinta á treinta y cinco metros, y distribuídos entre los pozos de visita; la distancia entre estos últimos varía entre ciento sesenta y ciento ochenta metros, cuando las atarjeas son un metro cincuenta centímetros por un metro, ó mayores: si las atarjeas son menores que esas dimensiones, entonces los pozos están, por lo general, distantes entre sí de setenta y cinco á noventa metros, pero más comunmente en los puntos de inflexión.

En Dantzic, los pozos de visita están calocados en los cruzamientos de las calles, directamente sobre la atarjea y cubiertos con una tapa perforada, en la cual hay pequeños blocks de madera para mitigar el ruido que producen los vehículos al pasar encima de ellas. Los pozos para lámpara, son tubos de quince á veintitres centímetros de diámetro, cubiertos con tapa perforada para la ventilación; tanto estos pozos como los de visita, tienen en el fondo una caja de depósito.

En Brighton, tienen una sección rectangular de noventa centímetros por setenta y cinco; están desviados en la parte superior y cubiertos con una tapa perforada con pequeños agujeros; á un lado hay una caja de depósito cubierta con otra tapa que tiene agujeros más grandes para la ventilación; dicha caja está comunicada con el pozo. No hay en Brighton pozos para lámpara.

En Oxford, el principio de las líneas rectas se sigue estrictamente, y siempre hay un pozo de visita ó para lámpara en ca-

da punto donde cambia la dirección, ya sea verticalmente, ya sea en la horizontal, así como en cada enlace de dos atarjeas y en cada vértice ó punto culminante; están colocados directamente sobre las atarjeas, son de sección cuadrada y cubiertos con una tapa circular de fierro perforada para la ventilación. De las armaduras de fierro colado, que sostienen á las tapas, están suspendidas unas cajas de lámina de fierro para detener la basura de las calles é impedir que caiga en la atarjea; los pozos de visita están provistos de escaleras de fierro dulce.

Haremos ahora una ligera discusión de todas las disposiciones que acabamos de enumerar.

La primera diferencia que se advierte en la práctica que se sigue en todas las ciudades que citamos, es acerca de la colocación de los pozos de visita respecto de la atarjea, pues vemos que unas veces se coloca directamente sobre su eje, que coincide con el de la calle por regla general, y otras veces queda desviado de ese eje y tiene su entrada en la banqueta. Este segundo sistema se sigue cuando la calle es muy concurrida, porque la apertura de los pozos de visita durante las horas de grande actividad, es en todos casos molesta y en algunos peligrosa. En Paris todas las entradas son laterales, mientras que en Londres, Hamburgo y Frankfort, sólo se emplean estas entradas en los puntos más céntricos y concurridos de la ciudad, y su único inconveniente es el de que son muy costosas; pero éste de bastante importancia para que nosotros no aconsejemos el empleo de ellas, sino cuando sean enteramente indispensables, y sobre todo, cuando alguna línea de tranvía ocupe el centro de la calle, por los peligros que presentaría para los trabajadores, la salida de un pozo colocado en medio de una vía de ferrocarril.

En la forma y dimensiones del pozo, tampoco se sigue una práctica uniforme; unas veces son circulares y otras cuadrados ó rectangulares, y sus dimensiones están comprendidas entre sesenta y noventa centímetros, con alguna muy rara excepción. La forma circular parece ser la más económica, sin que la cuadrada ó rectangular presente ventajas especiales si no es en

casos determinados, por cuya circunstancia creemos que aquella debe preferirse para las atarjeas de pequeño diámetro; para las atarjeas de tubo es, sin embargo, mejor construir los pozos de sección elíptica, porque así se puede trabajar con más facilidad en su interior; en Liverpool se construye una cámara con este objeto, pero esto es más costoso: en las atarjeas de grandes dimensiones será tal vez más sencilla y económica la construcción de pozos de sección rectangular.

En todos casos conviene no alterar la forma de la cubeta de la atarjea en los puntos donde atraviesan á los pozos de visita, pues en Berlin y en Dantzic, donde el fondo de los pozos es en ciertos casos cuadrado ó rectangular, se ha visto prácticamente que en ellos se acumulan substancias que se descomponen y forman focos de infección.

Los pozos de visita son frecuentemente usados para la ventilación de las atarjeas, pero como se ve por la descripción que acabamos de hacer, es un poco variable la práctica que se observa en distintas ciudades para adaptarlos á este uso; en algunas, y principalmente en Viena y en Hamburgo, están cubiertos con una reja á través de la cual pasan libremente los gases hacia afuera y la basura al interior de la atarjea. En otros lugares las tapas de los pozos de visita están en parte perforadas y en parte incrustadas con pequeños blocks de madera para mitigar el ruido que producen los choques de las ruedas con las tapas; y sobre este particular también se siguen dos sistemas distintos: en Berlin, por ejemplo, los agujeros están en la periferie de la tapa y los blocks en el centro, mientras que en otros lugares, y principalmente en Inglaterra, los agujeros están en el centro y los blocks en la periferie; de estos dos sistemas, parece que el segundo es preferible, porque hay menos metal expuesto al choque de las ruedas, y además, como en ambos se emplea un receptáculo para la basura de la calle, cuando los agujeros están en el centro, se impide más eficazmente que dicha basura llegue á la atarjea; es también muy común en Inglaterra que se construya á un lado del pozo de visita una pequeña cámara comunicada con él y que está cu-

bierta con una reja, mientras que la tapa del pozo es sólida, la basura cae en dicha cámara y sirve para la ventilación; esta disposición no presenta ventajas especiales y es más costosa.

En México se deben usar los pozos de visita para la ventilación, como lo veremos al ocuparnos de este punto, y conviene adoptar el sistema que se sigue en Inglaterra, de permitir el paso de los gases por el centro de la tapa y cubrir con pequeños blocks de madera los agujeros de la periferie, para amortiguar el ruido que producen las ruedas de los vehículos, pues en realidad es muy molesto y desagradable; no aconsejamos la construcción de cámaras laterales para impedir la caída de la basura á la atarjea, porque esto se consigue más fácil y económicamente por medio de una cubeta suspendida en el centro del pozo; esta cubeta no será necesaria sino en las atarjeas de pequeño diámetro, pues en las grandes y, sobre todo, en los colectores principales, habrá siempre agua con suficiente velocidad para arrastras la basura á medida que cae, porque esta caída se verifica muy lentamente, es decir, en muy pequeñas cantidades á la vez. Probablemente por esta razón y con el hecho de que contamos con agua abundante para lavar frecuentemente todo el sistema de atarjeas, no serán necesarias las cubetas, ni en las atarjeas de pequeño diámetro; pero este es un punto dudoso que sólo la práctica puede aclarar, y por lo mismo nos parece conveniente indicar aquí el remedio que se puede poner, en el caso de que se presente el inconveniente de que se acumule demasiada basura en el fondo de los pozos de visita.

Otro punto que se necesita considerar relativo al asunto que nos ocupa, es la distancia á que conviene colocar los pozos de visita. Ya indicamos aquí cuál es la práctica que se sigue en las diversas ciudades que antes enumeramos, y sólo podemos decir que en general es necesario colocar los pozos tanto más próximos cuanto mayor es la necesidad de entrar frecuentemente á las atarjeas; esta necesidad se presenta cuando hay que remover los depósitos por un medio mecánico, y puesto que nosotros confiamos en tener siempre limpias nuestras

atarjeas por medio de golpes de agua que de tiempo en tiempo se darán para arrastrar los azolves, creemos que no será necesario entrar á los conductos sino muy de tarde en tarde, y por lo mismo que los pozos no se necesitan muy próximos, bastará que estén á una distancia de ciento cincuenta metros poco más ó menos, para las grandes atarjeas, y de cincuenta á sesenta para las pequeñas.

Como son de muy grande importancia las recomendaciones del Sr. Rawlinson acerca de los pozos de visita, las copiamos á continuación, aun cuando al tratar de los alineamientos insertamos el mismo párrafo, pues como el mismo Sr. Rawlinson hace notar, no hay ningún inconveniente en repetir una misma cosa, cuando es muy importante.

"Las atarjeas deben construirse en líneas exactamente rectas en plano y perfil entre puntos colocados á distancia considerable, con pozos de visita, entradas laterales, y disposiciones para lavado y ventilación en cada punto donde cambia el alineamiento ó la pendiente. Todos los pozos de visita deben llegar á la superficie de la calle y cubiertos con una tapa que se pueda quitar fácilmente, á fin de que sea también fácil la inspección. Cuando el ingeniero es nimio al insistir en que las líneas sean "perfectamente rectas" en el plano y en el perfil, el trabajo tiene que resultar forzosamente bien hecho. Con pozos de visita ó pozos para lámpara en cada uno de los puntos de donde cambia la dirección ó la pendiente de la atarjea, el ingeniero puede en cualquier tiempo determinar en la superficie la proyección del eje de la atarjea, así como la profundidad de ésta en cualquier punto, y con estos elementos determinar la posición exacta de cualquiera unión lateral de atarjea secundaria ó albañal. Algunos ingenieros no dan al principio todo su valor á la condición de que las líneas de las atarjeas sean "perfectamente rectas," y no aprecian las ventajas que esto proporciona sino cuando los trabajos se han terminado y que necesitan hacer algún enlace, examinar ó limpiar las atarjeas; entonces es cuando encuentran que colocando á los pozos de visita en alineamientos rectos, los trabajos todos se dirigen con toda seguridad y la inspección se hace muy fácilmente."

Para que se puedan apreciar mejor las condiciones á que se debe sujetar la construcción de los pozos de visita, las concretamos en las reglas siguientes:

1ª—Los pozos de visita serán de sección circular ó elíptica cuando estén sobre atarjeas de un metro de diámetro ó menos; para aquellas que sean de un diámetro mayor serán de sección cuadrada, pero en uno y en otro caso terminarán al nivel de la calle con una abertura circular de sesenta centímetros de diámetro; los demás detalles se pueden ver en las figuras de los planos números 4, 5, 6, 7 y 8.

2ª—La abertura de que se acaba de hacer mención estará cubierta con una tapa de fierro colado, cuya figura y dimensiones se pueden ver en el dibujo Nº 10; esta tapa estará perforada en toda su extensión, pero los agujeros de la periferie se taparán con pequeños blocks de madera de encino, dejando descubiertos sólo los del centro que servirán para ventilar la atarjea.

3ª—En los casos en que la práctica demuestre que la pequeña cantidad de basura que se introduce por los agujeros de las tapas, es un inconveniente que no remueven fácilmente los golpes de agua que han de lavar las atarjeas, se colocará dentro del pozo una cubeta de fierro como indica la figura 2 del dibujo Nº 10.

4ª—Los pozos de visita se colocarán á una distancia que puede variar entre cincuenta y ciento cincuenta metros según las circunstancias.

5ª—Cuando las atarjeas pasen por calles muy concurridas, ó donde haya una vía de ferrocarril sobre la atarjea, los pozos de visita tendrán una entrada lateral por la banqueta como lo indica la figura 1 del plano Nº 8; pero en todos los demás casos las entradas estarán directamente á plomo sobre el eje del conducto, como la de la figura.

6ª—Sobre las atarjeas de $0^{m.}90$ ó menos de altura, se construirán pozos para lámparas á distancias que no sean mayores de 50 metros; cuya construcción será semejante á la de los pozos especiales de ventilación.

7ª—En cualquiera inflexión del eje del conducto, ya sea en alineamiento, ya en la pendiente, habrá siempre un pozo de visita ó un pozo para lámpara, según que se trate de una atarjea de grande ó pequeña sección.

7º—COLADERAS PARA EL AGUA PLUVIAL.

Aplicamos el nombre convencional de *coladera*, á la construcción que sirve para recibir el agua pluvial que cae en las calles y darle paso á la atarjea.

Las coladeras constan esencialmente de cuatro partes que son: 1ª una abertura practicada cerca de la guarnición de la banqueta ó en la misma guarnición; 2ª, de una caja ó depósito donde se mantienen las materias más pesadas que el agua; 3ª, una cerradura hidráulica para impedir que los gases de la atarjea salgan cerca de la banqueta, y 4ª, de un conducto que generalmente es un tubo de barro, para llevar el agua á la atarjea.

La caja de depósito y la cerradura hidráulica no siempre se usan, la disposición de la abertura no es la misma en todos casos y las dimensiones del conducto son variables con la localidad. Consecuentes con nuestro método, vamos á ver cuál es la práctica que se sigue en distintas ciudades, para fundar mejor el sistema que nosotros propondremos para México.

En Londres las coladeras están por lo general en el arroyo que hay siempre á lo largo de las banquetas para permitir el escurrimiento del agua pluvial; la abertura está cubierta con una reja de cuarenta centímetros por cuarenta y cinco, sujeta por una visagra. Son casi siempre de un metro veinte centímetros de profundidad, y en la mayoría de los casos están provistas de caja de depósito y cerradura hidráulica. Esta última está formada, unas veces por una losa suspendida de la parte superior de la caja, y que tiene ocho centímetros de espesor, y otras por el conducto mismo del agua que se introduce á la atarjea abajo del nivel de los líquidos que ésta contiene; cuando es una

losa, ésta se introduce cosa de treinta centímetros en el agua de la caja. El albañal es de quince á veintitrés centímetros de diámetro. Las parrillas son de diez centímetros de espesor, con barras de tres centímetros de gruesos separadas también tres centímetros entre sí. Las coladeras no están colocadas en las esquinas sino en medio de las calles y á una distancia que varía entre sesenta y noventa metros. Hay algunas cajas de depósito formadas por cajas de fierro de cincuenta y tres centímetros por cincuenta y seis de sección transversal y con noventa centímetros de profundidad abajo de la superficie de la calle. Hay también algunas, aunque muy pocas coladeras, que descargan directamente á la atarjea por un tubo de 0.23 sin tener ni caja, ni depósito, ni cerradura hidráulica.

En Paris las coladeras (branchements de bouche), tienen su abertura en la guarnición de la banqueta; esa abertura es de un metro de largo por diez ó doce centímetros de altura en el centro y cinco en las extremidades; la profundidad del arroyo en donde está la abertura es de quince á veinte centímetros, variando en todos los demás puntos entre siete y quince centímetros; de la abertura, el agua cae á un pozo que mide cincuenta centímetros en el sentido normal á la calle, y que en el del eje de ésta se estrecha desde un metro hasta cincuenta centímetros, á un metro y medio de profundidad; desde este punto el albañal desciende hasta llegar á unos veinte centímetros arriba del fondo de la atarjea. El fondo del albañal tiene cincuenta centímetros de ancho y está cubierto con una bóveda de cañón seguido, horizontal, de medio punto y con un diámetro de ochenta centímetros, que se enlaza con la bóveda de la atarjea. Cuando el albañal descarga en una atarjea secundaria, su fondo está en una curva de un metro cincuenta centímetros de radio, para impedir que las corrientes choquen; esta precaución no se toma en las grandes atarjeas. En muy pocos casos las coladeras están provistas de caja de depósito (réservoir de sable), y esto sólo en los suburbios y en las partes más altas de las zonas en en que está dividido el sistema de desagüe. Las coladeras están distribuídas á lo largo de las aceras y la distancia que las

separa no es siempre la misma; son tanto más frecuentes cuanto más pequeña es la pendiente del terreno.

En Berlin las aberturas de las coladeras están en los arroyos y cubiertas por una parrilla de cuarenta centímetros por cincuenta; tienen siempre una caja de depósito de sesenta y seis centímetros en cuadro cuyo, fondo está á dos metros veinticinco centímetros abajo del nivel de la calle. El albañal en todo el espesor del muro de la caja es rectangular y de diez centímetros de altura por veinte de latitud; después su sección es circular y de diez y seis centímetros de diámetro; enfrente de la abertura rectangular que forma el origen del albañal, hay una pantalla de lámina de fierro, que al principio obraba como cerradura hidráulica, pero ahora está perforada por dos agujeros de dos centímetros y medio de diámetro y es más bien una coladera que impide que entren á la atarjea los cuerpos flotantes; está suspendida de una visagra y se puede levantar en caso de obstrucción del albañal. En Berlin se evita siempre situar las coladeras en las intersecciones de las calles ó cerca de ellas; se les distribuye más bien á lo largo de las aceras.

En Viena no han observado una regla fija para la colocación de las aberturas de las coladeras, pues unas veces, como en París, están en las guarnición de las banquetas, y con aberturas de diez centímetros por treinta, y otras veces en el arroyo y cubiertas con una reja de forma rectangular que tiene treinta y dos centímetros por cuarenta y siete. Muchas coladeras tienen caja de depósito, sobre todo en los suburbios, pero es muy rara la que está provista de una cerradura hidráulica. La conexión con la atarjea se hace bajo un ángulo recto, por medio de un albañal que tiene de noventa centímetros á un metro de altura. Las coladeras están distribuídas á lo largo de las aceras, nunca se les pone en las esquinas. Los arroyos son de siete á diez centímetros de profundidad abajo de la guarnición.

En Liverpool las aberturas de las coladeras están colocadas en los arroyos y cubiertas con una reja de treinta centímetros por treinta y cinco, que descansa sobre un cuadro de fierro colado de veinte centímetros de altura; las barras de la parilla

tienen once centímetros de altura, tres centímetros de grueso y están separadas tres centímetros una de otra. Todas las coladeras están provistas de cajas de depósito y cerradura hidráulica, siendo la profundidad de la caja un metro treinta y siete centímetros abajo del nivel del arroyo; la cerradura hidráulica está formada por una losa que se introduce treinta y cinco centímetros en el agua que contiene la caja, quedando el borde inferior de esta losa á treinta y cinco centímetros arriba del fondo de la misma caja. El albañal es un tubo de veintitrés centímetros de diámetro. Las coladeras distan entre sí de sesenta á noventa metros y están colocadas siempre arriba de los puntos de intersección de las calles.

En Hamburgo las aberturas están siempre en el arroyo y cubiertas con una parrilla de treinta y ocho centímetros por cuarenta y tres, la profundidad del arroyo es de diez y ocho centímetros donde está la coladera y se reduce á ocho en los puntos más lejanos de ella. En la construcción abajo de la parrilla se usan dos disposiciones distintas: en ciertos casos hay una caja de depósito y en otros hay sólo un tubo vertical de pequeña altura que se enlaza al albañal por medio de una curva; el primer sistema se emplea cuando las calles están parcial ó totalmente macadamizadas, y el segundo cuando tienen empedrado ú otra clase de pavimento. Las cajas de depósito miden cuarenta y tres centímetros en cuadro y un metro veinte centímetros de profundidad abajo del nivel de la calle, estando el origen del albañal á cuarenta centímetros arriba del fondo; este albañal es un tubo de barro de veintitrés centímetros de diámetro. La disposición más frecuente es la de un tubo vertical de ladrillo de treinta centímetros de diámetro, y para que el enlace de este tubo se verifique de un modo conveniente, la caja que sostiene á ésta se reduce en el fondo á un círculo de treinta centímetros de diámetro. Ninguna coladera tiene cerradura hidráulica; pero comunmente hay sobre la atarjea un pozo de visita ó un pozo de ventilación cerca del punto donde desemboca el albañal, por cuya circunstancia la circulación del aire en éste se verifica hacia abajo, pues el albañal se inserta en la atar-

jea á la altura del arranque de la bóveda. Las coladeras están por lo general á una distancia de cuarenta y tres metros y muy rara vez en la intersección de las calles.

En Frankfort las aberturas de las coladeras están colocadas en los arroyos y tienen una parrilla horizontal de cuarenta y cinco centímetros por treinta y tres; el bastidor de fierro colado que recibe á esta parrilla es oblongo y por su forma de embudo se reduce hasta tener, á treinta centímetros de profundidad, una sección elíptica de quince centímetros por veinticinco. Este bastidor reposa sobre una caja de depósito formada por un tubo de barro ó de fierro, de cuarenta y cinco centímetros de diámetro, que se extiende hasta dos metros treinta centímetros abajo del nivel del piso; á un metro cuarenta centímetros comienza el albañal que es un tubo de barro de quince centímetros de diámetro, que por una corta longitud se dirige hacia arriba con el objeto de formar una cerradura hidráulica. Dentro del pozo hay una cubeta de lámina de fierro con una asa para levantarla, y que tiene treinta y ocho centímetros de diámetro y setenta y seis de altura; esta cubeta en la parte superior está perforada por un gran número de agujeros, con el objeto de que sólo se detengan los objetos voluminosos. Las coladeras distan entre sí de treinta y seis á cuarenta y cinco metros.

En Dantzic las coladeras tienen sus aberturas en los arroyos, y están cubiertas con una parrilla móvil de veinticinco centímetros por treinta y cinco, colocada sobre un bastidor de cuarenta y cinco centímetros por sesenta; todas tienen caja de depósito cuya profundidad es de un metro setenta y cinco centímetros abajo del nivel de la calle; el albañal es un tubo de barro de quince centímetros de diámetro, que parte de la caja de depósito á un metro veinte centímetros abajo de la superficie, dirigiéndose hacia arriba en un corto tramo con el objeto de formar la cerradura hidráulica. Las coladeras están á sesenta metros de distancia y por lo general en las intersecciones de las calles.

En Brighton las aberturas de las coladeras están en los arroyos y cubiertas por una parrilla de sesenta y ocho centímetros

por cuarenta. La mayor parte de las coladeras son de fierro y constituídas por una simple caja que tiene la misma sección de la parilla y ochenta y cuatro centímetros de profundidad; hay algunas de mayores dimensiones, pues tienen cincuenta y tres centímetros por noventa y cuatro de sección; y un metro siete centímetros de profundidad. Hay además otras construídas con betón, y de un metro veinte centímetros por sesenta de sección, por un metro cincuenta centímetros de profundidad, formando una gran caja de depósito, de la cual parte á cincuenta y tres centímetros del fondo, un tubo de veintitrés centímetros de diámetro para formar el albañal. Estas cajas de depósito no tienen cerradura hidráulica; pero las de fierro sí la tienen formada por una tapa cóncava que cubre el origen del albañal; dicha tapa entra en el agua quince centímetros y el fondo de la caja está cuarenta centímetros abajo del origen del tubo. Las coladeras están á una distancia de cuarenta y cinco á noventa metros.

En Oxford las aberturas están en los arroyos y cubiertas por una parrilla de treinta y cinco centímetros por cuarenta y cinco: todas tienen caja depósito de un metro siete centímetros de profundidad, y una cerradura hidráulica: el albañal comienza á cuarenta y cinco centímetros arriba del fondo.

En la mayor parte de las ciudades de los Estados Unidos que visité, las coladeras tienen sus aberturas en la guarnición de las banquetas sin parrilla ninguna que impida la caída de los cuerpos voluminosos en el interior de las cajas de depósito de que están provistas por lo general, tienen también una cerradura hidráulica y están colocadas en las esquinas.

Por esta descripción que acabamos de hacer, se ve que las diferencias esenciales en la práctica que se observa en lo que se refiere á las coladeras, son: que la abertura esté calocada en el arroyo ó en la guarnición de la banqueta; en que exista ó no la caja de depósito; en que haya ó no una cerradura hidráulica, en las dimensiones y en algunos detalles de construcción de cada una de estas diversas partes, y por último, en la distribución de las coladeras.

La abertura de la coladera, con muy pocas excepciones, en Europa está en el arroyo y provista de una parrilla, mientras que en América sucede lo contrario, porque casi siempre está en la guarnición de la banqueta y sin parrilla; la primera disposición es necesaria cuando las circunstancias exigen que se evite en lo absoluto la entrada de los cuerpos voluminosos á la atarjea; la segunda sólo se puede admitir, cuando la entrada de esos cuerpos no ocasionen ningún mal, porque la corriente sea bastante poderosa para desalojarlos. Es cierto que las parrillas suelen taparse con las hojas de los árboles y las basuras de las calles y que esto es un inconveniente; pero también es verdad que si estos objetos y sobre todo las piedras, no son detenidos por las parrillas, pueden llegar á obstruir las atarjeas y una vez allí, es mucho más difícil removerlas, y por lo tanto el inconveniente es más grave todavía. Creo por esto que en México deben colocarse las aberturas en los arroyos, cubriéndolas con una parrilla en todos casos.

La supresión de las cajas de depósito, presenta el mismo inconveniente que la de las parrillas, y sin duda por esta razón vemos que sólo en Paris y en Hamburgo las suprimen como regla general, y las usan en casos excepcionales. En Paris lo hacen así porque siguen la absurda práctica de arrojar intencionalmente las barreduras de las calles al interior de ciertas atarjeas, con el objeto de hacerlas desaparecer pronto; de allí las levantan y transportan por los mismos medios que emplean para los azolves naturales. En Hamburgo, confían el cuidado de arrastrar esos depósitos de materias que no deberían entrar á las atarjeas, á los golpes de agua que dan periódicamente para lavar esos conductos.

Al ocuparnos de las pendientes y secciones del sistema de atarjeas que proponemos para México, vimos que se ha tratado de que la velocidad que el agua pueda adquirir en ellos, nunca sea menor que sesenta centímetros por segundo, pero que será mayor en muchos casos; con esta velocidad la corriente arrastrará los cuerpos que no sean muy densos; pero si entran piedras ú otros objetos tan densos como este material, no podrán

ser arrastrados por el agua y sería necesario recurrir á otro sistema para desalojarlos, haciendo más costosa y difícil la limpia de las atarjeas. Algunas veces se ha objetado á las cajas de depósito, que el agua que en ellas se detiene entra en descomposición y despide mal olor; pero esto, en primer lugar, sólo tiene graves inconvenientes cuando arrojan á la calle los desechos de las habitaciones y estos van por los arroyos á caer á las cajas de depósito, porque esos desechos están cargados de materias orgánicas que en poco tiempo producen miasmas perjudiciales á la salud; en segundo lugar, las cajas de depósito son más accesibles que las atarjeas y por esto se pueden conservar más fácil y económicamente limpias y expeditas.

Aquí, entre nosotros, no se ha de permitir que ninguna casa construída en calle donde hay una atarjea, arroje sus desechos sobre el pavimento, y por lo mismo el agua de las cajas de depósito. no entrará en descomposición en muy poco tiempo, y como estas cajas son el único medio eficaz que se conoce para impedir el acceso á las atarjeas de los cuerpos que puedan obstruirlas, nosotros somos de opinión de que se deben construir admitiéndolas en el sistema de desagüe de la Ciudad.

No tenemos la misma opinión respecto de las cerraduras hidráulicas que hemos visto que en ciertas ciudades establecen en las cajas de depósito, pues creemos que se les debe proscribir en lo absoluto, por las razones que damos á continuación. Es un hecho ya bien demostrado, que todas las cerraduras hidráulicas, á las que aquí se les llama impropiamente *cespul*, no previenen sino muy incompletamente el paso de los gases, y esto sólo cuando el agua que contienen está fresca todavía, porque al cabo de muy poco tiempo se satura de gases que pasan á través de ella en abundancia; no son, pues, las cerraduras hidráulicas un remedio eficaz que prevenga en lo absoluto la salida de los gases de la atarjea por las aberturas de las coladeras, pero en cambio, si se establecen las cerraduras, implícitamente se admite la necesidad de que las cajas de depósito contengan agua en todas épocas del año, y si se examinan nuestros registros meteorológicos, se observa que casi toda la lluvia que en

México se precipita, cae de Mayo á Octubre, no siendo raro que de Noviembre de un año á Abril del siguiente, pasen hasta dos y aún tres meses sin que caiga una sola gota de agua; luego, si las cajas de depósito tuvieran que contener agua en todas las épocas del año, sería necesario llenarlas artificialmente durante seis meses por lo menos, y no creemos necesario empeñarnos en demostrar que en la mayor parte de los casos, la corrupción del agua que se quedara abandonada por muchos días en las cajas de depósito, sería menos soportable que los gases de las atarjeas. Yo he visto prácticamente confirmado este hecho en algunas ciudades de los Estados Unidos y conservo muy viva la desagradable impresión que me causó en Cincinnati una caja de depósito llena de agua infectísima. Creo, pues, necesario recomendar que no se permita nunca que las cajas de depósito contengan el agua por muchos días, sino que se procure limpiarlas con frecuencia, y sobre todo al terminar la época de lluvias, conservándolas secas durante los meses en que no llueve, y una vez establecida esta condición, los obturadores hidráulicos serán completamente inútiles en nuestras cajas de depósito.

Podemos fundar todavía más esta opinión, haciendo notar dos cosas: la primera es, que en algunas ciudades entre las que podemos citar á Berlin por ejemplo, habiendo establecido al principio las cerraduras hidráulicas, las han suprimido algún tiempo después, por los inconvenientes prácticos que les encontraron y por la poca eficacia que tenían; la segunda observación que debemos hacer, es, que tenemos una gran confianza en los medios de que disponemos para lavar las atarjeas, y estamos seguros de que, con un poco de cuidado por parte de los encargados de la conservación del sistema de desagüe, los gases de las atarjeas no serán molestos ni perjudiciales.

La precaución que hemos visto que toman en Hamburgo, de colocar un pozo de ventilación sobre la atarjea, cerca de los puntos donde desembocan los albañales para la lluvia, nos parece muy buena y recomendamos que aquí se observe, y será una razón más para desvanecer el temor de que por la abertura de la coladera haya desprendimiento de gases nocivos.

El tercer punto, en que difieren las coladeras de las ciudades que antes citamos, es en los detalles de construcción como ya hicimos notar. Indicaremos ahora cómo deben ser esos detalles en las nuestras, fijándonos en las dimensiones de las parrillas, y sucesivamente en todo los demás. Estas dimensiones varían desde sesenta y ocho centímetros por cuarenta que tienen en Brighton, hasta veinticinco por treinta y cinco que tienen en Dantzic; en México, dada la frecuencia con que se deben establecer los albañales para las lluvias, creemos que las dimensiones convenientes son de cuarenta centímetros de diámetro. Los demás detalles pueden verse en la figura Nº 1 del dibujo Nº 10, y esto nos exime de entrar en más pormenores; sólo haremos notar que es conveniente que la parilla tenga una fuerte bisagra para impedir que la retiren de su lugar.

Respecto á las dimensiones de la caja de depósito, y sobre todo á su profundidad, varía también de un lugar á otro; pero en Europa y los Estados Unidos, para fijar esa dimensión, se debe tener presente la profundidad á que penetra la helada, circunstancia que nosotros no necesitamos considerar, y por lo mismo, esas cajas sumamente profundas, no son los tipos que pueden servir como término de comparación para definir lo que á nosotros nos conviene. La sección transversal de la caja, se determina esencialmente por consideraciones que dependen de la distancia á que los albañales se colocan, y de la frecuencia con que se admita que se ha de hacer la limpia, pues la capacidad de esos depósitos, debe estar en razón directa de la distancia que las separa y en razón inversa de la frecuencia con que se limpien; y por la íntima relación que tienen las dimensiones de las coladeras con su distribución, incidentalmente nos ocuparemos aquí de una vez de este último punto.

En los Estados Unidos, las coladeras están casi siempre en las esquinas de las banquetas, es decir en la intersección de las calles, mientras que en Europa las distribuyen más bien en los puntos intermedios. Este segundo sistema es el que nosotros recomendamos, porque los arroyos que sirven para conducir el agua á las coladeras, tienen sobre éstas su mayor profundi-

dad, y si en cualquier punto son un inconveniente para el tráfico los arroyos profundos, en las esquinas, donde forzosamente el tráfico es mayor, el inconveniente es mayor también. En cuanto á la distancia á que deben establecerse, como nuestras calles por lo general son casi horizontales de un extremo á otro, el agua de los puntos lejanos de la abertura, sólo puede llegar á ésta por la inclinación que se dé al fondo de los arroyos, y si las coladeras están muy distantes entre sí, para obtener la pendiente necesaria, sería preciso en ciertos lugares una profundidad considerable, que llegaría á ser peligrosa y muy molesta. Nuestras calles de Norte á Sur tienen de ochenta á noventa metros por término medio, y las de Oriente á Poniente de ciento noventa á doscientos diez por regla general, y si las coladeras se separan entre sí de treinta y cinco á cuarenta metros, quedarán con la distribución que indica el diagrama del plano Nº 11, la que con ligeras modificaciones se podrá aplicar á toda la Ciudad.

Atendiendo á que las coladeras estarán bastante próximas unas de otras, á que establecemos como principio que se han de limpiar muy frecuentemente y á que no tenemos que preocuparnos por los fuertes descensos de temperatura, las cajas de depósito no necesitan las grandes dimensiones que tienen en Europa y aun en los Estados Unidos donde son mayores todavía. En el dibujo Nº 2 del plano Nº 10, se pueden ver las dimensiones de cada una de sus partes y la disposición que hemos juzgado más conveniente para la coladera en general, que se asemeja mucho á las de Frankfort, y que satisface á dos condiciones importantísimas, el ser de muy económica construcción y pudiéndose limpiar con extraordinaria facilidad y rapidez.

Los albañales que reciben el agua pluvial, son casi siempre tubos de barro de quince á veintitrés centímetros de diámetro; sólo se exceptúan de esta regla, Viena, Paris, y aquellas ciudades donde las aberturas de las coladeras no están provistas de una parilla que impida el acceso á la atarjea, de los cuerpos voluminosos, pues en este último caso, llegan á tener los albañales hasta treinta centímetros de diámetro. En Paris y Viena,

tienen dimensiones exageradas, porque están construídos bajo el principio de que se ha de entrar á ellos por las atarjeas para limpiarlos á mano. La cantidad de agua que esos albañales deben conducir á la atarjea, pasaría sin dificultad por tubos que no tuvieran arriba de ocho á diez centímetros de diámetro; pero conviene no hacerlos menores de quince centímetros, para que no se obstruyan fácilmente, no se deben establecer mayores, porque sería más costoso y no resultaría de ello una ventaja real y positiva.

Como se puede ver en el dibujo Nº 10 á que antes hicimos referencia, la disposición del albañal permite limpiarlo desde la caja de depósito en el caso remoto de que llegara á obstruirse. Respecto á los arroyos que conducen el agua á las coladeras, sus dimensiones varían desde sesenta centímetros de profundidad que tienen en la parte antigua de Berlin, hasta llegar á ser una pequeña depresión producida simplemente por el bombeo de la calle. Los arroyos profundos, además de ser peligrosos para los transeuntes y carruajes, detienen una gran cantidad de basura que á veces se corrompe y forma un foco de infección. Aquí en México, desde ahora se acostumbra que los arroyos no tengan sino diez ó doce centímetros de profundidad; y es la práctica que se debe continuar por ser la más conveniente.

Para mayor claridad concretamos los diversos puntos que se deben tener presentes al construir las coladeras, en las reglas siguientes:

1ª—Las aberturas de las coladeras estarán siempre en el arroyo y cubiertas con una parrilla ó reja de fierro colado que tendrá cuarenta centímetros de diámetro.

2ª—En todos casos habrá debajo de la parrilla una caja de depósito con las dimensiones que indica el dibujo, y estará formada por un tubo de barro ó de fierro.

3ª—Ninguna de estas cajas contendrá una cerradura hidráulica, pues entre las reglas para la conservación del sistema de atarjeas, se debe establecer la de que dichas cajas no han de contener agua, sobre todo en la época de secas.

4ª—Dentro de la caja habrá siempre una cubeta de lámina

de fierro para que en ella caigan los cuerpos sólidos que no han de entrar á la atarjea, y sean extraídos de la caja fácil y rápidamente.

5ª—Los albañales que han de llevar el agua á la atarjea serán tubos de barro de quince centímetros de diámetro.

6ª—Se procurará que los pozos de visita, los pozos para lámpara y los pozos de ventilación, queden lo más cerca que sea posible de los puntos donde desembocan los albañales para la lluvia, con el objeto de que los gases de la atarjea no tiendan á salir por la abertura de la coladera.

7ª—Los arroyos estarán formados por la simple depresión que produzca el ligero bombeo de la calzada al terminar en la línea de la guarnición de la banqueta, y nunca excederá su profundidad de diez á doce centímetros.

8º—VENTILACION DE LAS ATARJEAS.

Las emanaciones pestilentes que se desprenden de las materias orgánicas que entran en descomposición, fueron consideradas como insalubres deste tiempo inmemorial. Las primeras atarjeas que se construyeron, demasiado imperfectas para que por ellas corrieran libre y fácilmente los desechos líquidos de las habitaciones, se obstruían frecuentemente con los cuerpos sólidos que dichos líquidos llevaban en suspensión y que se depositaban poco á poco en los conductos de desagüe; esos cuerpos sólidos, cuando por sí mismos no eran susceptibles de entrar en descomposición, como la tierra por ejemplo, estaban por lo menos impregnados de materias infectas y eminentemente putrescibles que á veces no tardan sino unas cuantas horas en descomponerse cuando permanecen en reposo; así es que prácticamente se puede decir que los inconvenientes que traen consigo los gases que se desprenden de las malas atarjeas, se presentaron al mismo tiempo que se construyeron los primeros conductos de desagüe interior de las ciudades. Los modernos adelantos de la higiene han venido á demostrar que el peligro real no está precisamente en los gases desagradables

al olfato, y que si bien es verdad que se debe desconfiar siempre de los malos olores que suelen traer consigo los gérmenes de insalubridad, también es cierto que á veces éstos vienen solos, sin que nuestros sentidos nos revelen su presencia, y por lo mismo, es enteramente indispensable evitar que la atmósfera que respiramos se contamine con las emanaciones de lo que por uno ú otro motivo puede llegar á ser un foco de infección. Luego, si con las antiguas ideas era enteramente indispensable ventilar bien las atarjeas para impedir que los olores desagradables molestaran al olfato y produjeran enfermedades, las ideas modernas reclaman todavía más imperiosamente esa ventilación conveniente de los conductos de desagüe, puesto que aun en las buenas atarjeas puede haber desprendimiento de gases nocivos para la salud sin que sean desagradables al olfato.

El asunto que nos ocupa ha estado, pues, en estudio por muchos años, pero no fué sino á mediados del presente siglo, al mismo tiempo que todo lo que se refiere al saneamiento de los centros de población, recibió un grande impulso cuando se le prestó toda la atención que merecía, y aún antes de que se establecieran otros principios que hoy sirven de base para la construcción de los desagües interiores de las ciudades, la primera idea que surgió naturalmente fué la de libertarse de las emanaciones pestilentes que de tales desagües se desprenden.

Para lograr esto, se han propuesto muchos medios distintos, de los cuales unos han dado buenos resultados prácticos y otros han sido abandonados por ineficaces, después de cierto tiempo de haber estado en uso. Todos estos medios pueden clasificarse en dos grandes clases, que son: aquellos en que para producir el movimiento de los gases se emplean las fuerzas naturales, y aquellos en que el mismo movimiento se produce por fuerzas artificiales.

Las fuerzas naturales capaces de producir el movimiento de los gases en el caso que consideramos, son: 1ª La diferencia de temperatura entre el aire ambiente y la del interior de las atarjeas; 2ª El cambio de volumen de los líquidos que circulan por los conductos; 3ª El rozamiento de estos líquidos en mo-

vimiento con la capa gaseosa que está en contacto con ellos. 4ª Las corrientes de aire que se introducen por la desembocadura de las atarjeas; 5ª La aspiración producida por las corrientes de aire, tanto en las aberturas de las coladeras y los pozos de ventilación, como en la parte alta de los tubos adaptados al objeto, ya sea directamente, ya por medio de aparatos especiales colocados en esos tubos.

La diferencia de temperatura en el exterior y el interior de las atarjeas puede producir en ciertos casos una ventilación bastante activa, pues mientras que en el aire ambiente hay grandes variaciones de temperatura, la del interior de las atarjeas permanece casi estacionaria, siendo sus oscilaciones poco notables no sólo del día á la noche sino aun comparando las observaciones hechas en distintas épocas del año, resultando que la temperatura en el interior de los conductos, es unas veces superior y otras inferior á la del aire ambiente, y por lo mismo los gases en ciertos casos tienden á subir por los pozos y aberturas, y en otros á bajar.

Una modificación cualquiera en el volumen del agua que pasa por las atarjeas, tiende á producir como es natural, una variación equivalente en el volumen de los gases contenidos en ella, y esas variaciones tienen lugar todos los días, puesto que varía la cantidad de líquidos que á distintas horas desechan las habitaciones, pero los cambios más notables se verifican en los momentos de lluvia y cuando se introduce el agua para lavar las atarjeas.

La observación demuestra que una corriente de agua, cualquiera que ella sea, arrastra consigo una cierta cantidad de aire, y esto se verifica no sólo cuando el agua se desaloja bajo la forma de un chorro vertical, sino también cuando se mueve en tubos con pequeña inclinación. La cantidad de aire desalojada depende de la velocidad del agua y de la superficie de contacto de los dos cuerpos de que nos ocupamos.

Las corrientes de aire que pasan por las desembocaduras de las atarjeas, pueden comprimir á los gases en el interior de estos conductos si soplan en el sentido de la pendiente ascen-

dente, ó bien rarificarlos si dicha corriente se mueve en sentido contrario.

Este último efecto se produce también cuando por la ciudad pasa una corriente de aire, que arrasta cierta cantidad de los gases contenidos en el interior de los pozos y tubos de ventilación, porque el aire exterior comunica su movimiento á las capas superiores de los gases contenidos en dichos tubos ó pozos, y de esto resulta un desequilibrio en la masa gaseosa que llena á los conductos de desagüe, produciéndose un fenómeno semejante al que sirve de fundamento á los inyectores y á ciertos pulverizadores.

La ventilación artificial puede hacerse de dos maneras distintas; ya sea aumentando, ya disminuyendo la presión de los gases en el interior de las atarjeas; y es evidente que en los puntos próximos al generador de fuerza, la diferencia entre la presión interior y la del aire ambiente debe ser considerable; pero si la atarjea está comunicada frecuentemente con la atmósfera y si las cerraduras hidráulicas de las casas, no son bastante fuertes para resistir al desequilibrio de las fuerzas que obran sobre el líquido de uno y otro lado, esa diferencia de presiones, disminuirá con gran rapidez y será insensible á muy corta distancia del generador.

Estos son, en términos muy generales, los medios con que se cuenta para resolver el problema de la ventilación de las atarjeas; todos ellos se han empleado ya y se han estudiado tanto, que al ocuparnos de este punto es muy interesante dar á conocer las disposiciones con que se aprovechan las fuerzas que brevemente acabamos de enumerar y los resultados obtenidos, y ante la importancia de este estudio, es secundaria la que tiene la descripción de los métodos de ventilación que se emplean en las diversas ciudades cuyos sistemas de desagüe hemos venido comparando, pues de las conclusiones generales á que se ha llegado, se puede deducir lo que nosotros debemos hacer, más bien que de hechos que pudieran considerarse como aislados y tal vez no suficientemente discutidos. Vamos por esto á ocuparnos de preferencia de hacer un análisis general y después lo concretarémos á diversos casos especiales.

La aplicación de las fuerzas naturales á la ventilación de las atarjeas, tiene que ser y es de hecho más económica y sobre todo más eficaz que los medios artificiales. Es enteramente innecesario hacer alguna consideración que tienda á demostrar que hay alguna ventaja por lo que á la economía se refiere cuando se usan las fuerzas naturales, y para demostrar que la hay respecto á la eficacia, basta decir que las fuerzas naturales obran automáticamente, mientras que los medios artificiales exigen cierto cuidado y atención que puede faltar en muchos casos.

El aprovechamiento de las fuerzas naturales merece, pues, un examen detenido, y por esto vamos á ocuparnos de los medios que se emplean para facilitar su acción.

Dijimos, hace poco, que esas fuerzas tienden unas veces á hacer que el aire se introduzca en las atarjeas y otras impulsan á los gases contenidos en éstas á salir al exterior; luego si se facilita la comunicación de esos gases entre sí, se obtendrá una ventilación natural y casi constante. Esta comunicación se establece por medio de pozos ó chimeneas: en Frankfort, por ejemplo, se han construído grandes chimeneas en la parte más alta de los conductos principales; el aire viciado que éstos contienen sale por ellas muy bien, pero como se puede obtener el mismo resultado por otros medios más económicos, no está justificado el gasto considerable que ocasiona la instalación de las grandes chimeneas. En ciertos casos se han empleado los postes de las lámparas de gas como tubos de ventilación; así se hizo en Glasgow, por ejemplo, con la esperanza de que el calor desarrollado por los picos de gas que ellas contenían, produjeran un tiro que acelerara el movimiento de la atmósfera interior de los conductos de desagüe; la práctica ha demostrado que ese efecto no se produce, puesto que se observa frecuentemente, que en ciertos casos, á pesar de que el gas arde en la lámpara, la corriente gaseosa en el poste es descendente; se ha prescindido por esto de la idea primitiva, pero se han seguido usando los postes de gas como tubos de ventilación, con el objeto de llevar los gases á una altura conveniente para que no molesten á los transeuntes.

Se han usado también como ventiladores de las atarjeas, los tubos que reciben en las casas el agua pluvial; pero se han hecho á està práctica varias objeciones, diciendo que por lo general no están bastante bien construídos para estar seguros de que no dejarán escapar en el interior de las casas una parte de los gases que contienen: además, no funcionan como ventiladores en los momentos en que más se necesita, es decir, durante la lluvia; y no funcionan por dos razones: primero, porque la columna de agua descendente arrastra consigo cierta cantidad de aire y lo forza á entrar á la atarjea precisamente cuando el agua que va subiendo en ésta poco á poco, tiende á desalojar á los gases contenidos en ella: y segundo, porque tan pronto como el agua de la atarjea cubre la desembocadura de los albañales que conducen el agua de las casas, se obstruye por completo la salida de los gases contenidos en la atarjea arriba de dicha desembocadura.

Los albañales que sirven para conducir los desechos de las habitaciones, también se usan mucho en la actualidad para ventilar las atarjeas, prolongándolos arriba de los techos de las casas, y esta práctica presenta menos objeciones que la del empleo de los tubos para la descarga del agua pluvial, pues por el hecho de que ya se sabe de antemano que dichos albañales han de contener materias infectas, se pone más cuidado en su establecimiento: por otra parte, prácticamente se ve que los albañales de las casas están siempre más sucios y son más infectos que un sistema de atarjeas regularmente conservado, y por esta razón si dejan escapar algunos gases, sin duda alguna serán más nocivos los que produce el albañal mismo que los que provienen de la atarjea, y hay quien pretenda que éstos no aumentarán los inconvenientes de los escapes. La principal objeción que se puede hacer al sistema de ventilar los conductos de desagüe por medio de los albañales de las casas, sobre todo cuando es el único medio de que se dispone, es que en los momentos de lluvia se detiene la ventilación tan luego como se eleva el nivel del agua arriba de la desembocadura del albañal, lo cual se podía evitar insertando dichos conductos en la parte

más alta de la atarjea; pero entonces se hace muy molesta la inspección de ésta, cuando tiene las dimensiones convenientes para que se pueda entrar á ella, y sería necesario además, establecerla á mayor profundidad que cuando se insertan los albañales en los arranques de las bóvedas. En Europa y en todos los lugares en que el clima es muy riguroso, tiene el sistema que nos ocupa la ventaja especial de que cuando no se puede verificar la ventilación por las aberturas de las calles, porque estén cubiertas de nieve, siempre quedan expeditos los tubos de los albañales para que por ellos se escapen los gases nocivos; esta es una ventaja que no tiene valor entre nosotros, pero á ella se debe atribuir esencialmente la diferencia de opiniones que hay acerca de la conveniencia de ventilar los conductos de desagüe por medio de los albañales de las casas, pues se nota que en Inglaterra, donde la cantidad de nieve que cae durante el invierno es mucho menor que la que se precipita en varias ciudades de Alemania, tales como Hamburgo, Berlin, Frankfort, Dantzic y algunas otras, se considera como malo el sistema de permitir que salgan los gases de la atarjea pasando por las casas, mientras que en estas ciudades alemanas que acabamos de citar, es el sistema que de preferencia se recomienda, porque las ventilas de las calles se obstruyen con frecuencia durante el invierno.

A pesar de que esta idea prevalece en Alemania, aquí donde no cae nieve jamás en cantidades que puedan ocasionar perjuicio alguno, debemos seguir la costumbre inglesa de ventilar las atarjeas de preferencia por medio de pozos de visita, de los pozos para lámpara y aun por medio de pozos especiales. Este es sin duda alguna el medio más expedito, el más económico y á la vez el más eficaz para conseguir una buena ventilación; el más expedito porque está todo bajo la vigilancia inmediata de la autoridad, sin que sea preciso cuidar elementos que dependen de la propiedad particular; el más económico porque los pozos de visita y para lámpara son enteramente indispensables para los fines que indicamos oportunamente, y con muy pequeñas modificaciones se pueden hacer propios para la ven-

tilación, y el más eficaz, porque es el que establece más fácil y directamente la comunicación entre la atmósfera de la atarjea y el aire ambiente, presentando los conductos menor resistencia que en cualquier otro sistema, al paso de los gases.

Pudiera creerse que la salida de estos gases de las atarjeas á las calles presentara graves inconvenientes, y para desvanecer este temor, bastará tener presentes dos consideraciones muy importantes: la primera es que á medida que los gases salen se difunden rápidamente, y el grado de saturación de la atmósfera varía como el cubo de la distancia á que está el punto de salida; la segunda, la de más peso, es que los gases contenidos en las atarjeas sólo son molestos y perjudiciales cuando esos conductos no están propiamente conservados, es decir, cuando no se les mantiene con el grado de limpieza en que debe estar un buen sistema de atarjeas, pues la práctica ha demostrado de un modo evidente, que cuando están regularmente limpias, el olor que de ellas se desprende, si hay alguno, es casi imperceptible.

En ciertas ciudades donde no ha sido posible satisfacer á esta condición de que las atarjeas se conserven suficientemente limpias para que no se desprenda de ellas mal olor, han recurrido á varios medios para prevenir la molestia que éste produce á los transeuntes. Entre esos medios el más barato y eficaz es el que consiste en hacer pasar los gases de la atarjea antes de que salgan á la atmósfera, al través de una masa de carbón de madera, colocada en un canasto, en una espiral ó de alguna otra manera. El poder absorbente del carbón se emplea en este caso para detener los gases molestos. El medio es bastante eficaz con tal de que el carbón se renueve á cortos intervalos de tiempo y que se conserve perfectamente seco; el gasto que se necesita erogar y el cuidado constante que se requiere para satisfacer á estas dos condiciones, son tan grandes, que en algunos lugares como en Brighton, donde se empleó el sistema hace algún tiempo, hoy se ha abandonado por completo. Pero no son, sin embargo, el gasto y el trabajo los únicos inconvenientes que presenta el uso del carbón, hay otro que es

verdaderamente grave y que debe tenerse en cuenta para no recomendarlo; este es que el carbón detiene cierta cantidad de gases desagradables al olfato, pero no está demostrado que detenga también á los gérmenes ó microbios que se desarrollan al mismo tiempo que dichos gases, y por lo tanto sucede en este caso lo mismo que dijimos al tratar de los comunes de tierra, el carbón puede ocultar hasta cierto punto que existe un peligro, sin destruir el peligro al mismo tiempo, y considerado bajo este punto de vista puede presentar más inconvenientes que ventajas, á tal grado que conviene más no usarlo.

Al referirnos á los diversos medios propuestos para ventilar artificialmente las atarjeas, haremos constar las opiniones que desde hace mucho tiempo han venido emitiendo diversas personas muy competentes en la materia, primero para que se comprenda que este es un punto perfectamente bien estudiado y después para fundar mejor nuestras conclusiones.

El Sr. W. Haywood, ingeniero del "London City Commisioners of Sewers," hablando en un informe acerca de la ventilación de las atarjeas de Londres, dice lo siguiente:

"He examinado el asunto con el mayor cuidado, y aunque mis investigaciones me conducen á la conclusión de que el actual sistema está muy lejos de ser perfecto, también he podido deducir que cualquier medio que se proponga con el objeto de mejorar la ventilación, encuentra con un sinnúmero de dificultades que por de pronto parecen insignificantes, pero que cuando se examinan de cerca son tan formidables que se les puede calificar de invencibles."

Uno de los medios que á primera vista parece muy sencillo para ventilar las atarjeas, y que se ha ensayado desde hace más de treinta años, es el de construir grandes chimeneas en las que se produce el tiro sosteniendo en hornillas especiales un fuego constante. El mismo Sr. Haywood se expresa de este sistema en los términos siguientes:

"Mi opinión es que será extremadamente difícil conseguir un buen resultado por este medio; pero que si alguno diera, sería sólo á costa de un gasto enorme, y las dificultades que hbríaa

que vencer serían gigantescas...... La diferencia entre una mina y una atarjea es una diferencia esencial...... una mina no tiene sino una entrada y una salida para la ventilación, mientras que una atarjea tiene millares de aberturas: todas estas aberturas están variando sus condiciones de un modo incesante, pero si por un momento se supone que todo un distrito estuviera arreglado de tal manera que la chimenea fuera suficientemente poderosa para ventilar bien sus atarjeas, bastaría que se abriera un excusado, que se levantara la tapa de un pozo de visita, que se hiciera un agujero para colocar un albañal, ó en fin, que por cualquiera causa se hiciera en algún punto una abertura de un pie cuadrado, para destruir todo el poder de la hornilla; y á menos de que se dispusiera de un poder gigantesco, capaz de sobreponerse á todas estas casualidades, el sistema todo fracasaría por completo."

Sir J. W. Bazalgatte, tratando del mismo asunto, dice:

"Es imposible arreglar las atarjeas como están arregladas las minas con el objeto de ventilarlas, porque es imposible cerrar los conductos de los desechos y permitir que éstos lleguen á la atarjea, y á la vez impedir que el aire se introduzca por las aberturas más próximas á la hornilla para alimentar la combustión. Una hornilla destinada á ventilar un distrito extenso, exige que pase por ella un volumen de aire muy considerable, y para conservar la velocidad que es necesaria para que se ventilen las atarjeas laterales, debe haber en la principal una succión tan poderosa, que destruiría todas las cerraduras hidráulicas que pudieran oponerse á la entrada del aire, antes de que el tiro ejerciera alguna influencia en las atarjeas laterales distantes de la hornilla; pero prescindiendo de esta dificultad—que es en concepto nuestro insuperable—encontramos que el consumo de combustible para arrastrar la masa de aire que se necesita remover, sería enorme, aun suponiendo que se arreglaran las atarjeas como están los conductos de las minas."

Al mismo tiempo que estas opiniones eran emitidas, se estableció una comunicación entre las atarjeas y la hornilla que existe en la torre del reloj del Palacio del Parlamento, que for-

ma parte del sistema de ventilación de este edificio, y se hicieron varios experimentos para demostrar la eficacia del sistema. La Comisión nombrada para el efecto, dijo:

"El sistema de hornillas aun con las modificaciones introducidas por Mr. Gurney, si puede ser eficaz para una área limitada, no puede ser aplicado para la ventilación y purificación de las atarjeas en general."

Además de la ineficacia, el sistema de hornillas no está exento de peligros. Durante los experimentos de que se acaba de hacer mención, se encontró que ciertas atarjeas contenían alguna cantidad de hidrógeno carbonado, que provenía tal vez de algún escape de los tubos del gas de alumbrado; se reconocieron esas atarjeas y se encontró que estaban aisladas de la hornilla por una válvula, y al levantarse ésta se produjo una explosión que causó considerable alarma. No es este el único caso de explosión que se registra, conocemos otro de una fábrica de jabón en Londres, que había comunicado su chimenea con las atarjeas para ventilarlas. Esta explosión fué bastante fuerte para destruir el establecimiento por completo.

Las circunstancias que hacen impracticable la ventilación de las atarjeas por medio de las hornillas y chimeneas, que son: la gran masa de aire que poner en movimiento y la existencia de innumerables aberturas, obran de la misma manera cuando se emplea cualquier mecanismo para activar la ventilación, pero estos mecanismos son aún menos eficaces; el mismo Sir. J. W. Bazalgatte, informando acerca de ellos, dice:

"He examinado detenidamente las ventajas relativas de las hornillas y de los ventiladores mecánicos, y la cantidad de combustible que requieren para extraer una cierta cantidad de aire en condiciones variadas, las corrientes de vapor, los ventiladores mecánicos y cualquier otro mecanismo en que obre el vapor como fuerza motriz, afecta la ventilación menos satisfactoriamente que las hornillas, con el mismo gasto."

Estas opiniones son muy respetables, pero nos parece conveniente incluir también aquí las conclusiones á que llegó el "Metropolitan Board of Works," de Londres, después de discu-

tir las experiencias hechas sobre la ventilación de las atarjeas durante veinte años, llamando principalmente la atención sobre el hecho de que ese Consejo nombró en 1868 una Comisión especial para que estudiara la ventilación de los conductos de desagüe, facultándolo para que otorgara un premio á quien propusiera el mejor medio para prevenir el escape de los gases de las atarjeas, y al mismo tiempo que previniera los peligros á que están sujetos los operarios que deben trabajar dentro de ellas.

Después de cuatro años de estudios, experimentos y deliberaciones, la Comisión informó "que era completamente inútil, según podían deducir de sus investigaciones, ofrecer un premio por algún sistema de ventilación, pues aun cuando diera resultado en ciertas y determinadas circunstancias, no podría ser aplicable á toda la Metrópoli."

El Consejo Metropolitano de Trabajos hizo suyo el informe de la Comisión y confirmó sus decisiones, que están clasificadas como sigue:

"A.—CONCLUSIONES GENERALES.

"1.—Debe establecerse algún medio para ventilar las atarjeas, tanto para la seguridad de los operarios que trabajan en ellas limpiándolas ó reparándolas, como para la estabilidad de las atarjeas mismas, que si no se ventilan están expuestas á una explosión."

"2.—El método de ventilación que se aplica á las minas, donde sólo hay una abertura para la entrada del aire y otra para la salida, es enteramente inaplicable á las atarjeas."

"3.—El método más eficaz y que se puede aplicar con más extensión para impedir que se escapen de las atarjeas emanaciones dañosas, es proveer á éstas con una abundante cantidad de agua para diluir y remover las materias infectas, antes de que entren en descomposición y produzcan gases nocivos."

"4.—La ventilación por los pozos construídos directamente

sobre las atarjeas, en el centro de la calle es una gran mejora respecto del antiguo sistema de ventilarlas por las aberturas de las coladeras al lado de las banquetas."

"5.—Es inútil emprender grandes gastos para determinar la eficacia del sistema de ventilar las atarjeas por medio de hornillas y chimeneas."

"6.—No se deben ofrecer premios por medio de avisos, para otorgarlos á quien presente el mejor sistema de ventilación de atarjeas, puesto que aun cuando un sistema dé buen resultado en una localidad, no se deduce de esto que sea aplicable á toda la Metrópoli."

"7.—Se debe dar una gratificación de diez pesos á cualquiera persona que denuncie al Consejo y demuestre que alguna persona ó personas, introducen á las atarjeas que dependen de dicho Consejo, vapor, humos ó desechos de productos químicos ó de fábricas que pueden ser deletéreos y que no se deben admitir en las atarjeas según la ley."

B.—MÉTODOS DE VENTILACIÓN QUE SE HAN ENSAYADO EN DIFERENTES LOCALIDADES CON ÉXITO VARIABLE.

"1.—El sistema de ventilar las atarjeas por medio de tubos ó chimeneas colocados en cada extremidad de la calle y prolongados arriba de los techos de las casas, ha recibido la sanción del ingeniero."

"2.—El enlace de las atarjeas con los tubos para el agua pluvial y otros que se llevan hasta la parte alta de las casas, se ha efectuado con cierto éxito, pero no es aceptable de un modo general, por la facilidad que hay de que el gas descienda por las chimeneas y ventanas de las casas, y también por la oposición de la mayor parte de los propietarios á que se coloquen esos tubos."

"3.—El sistema de ventilar las atarjeas estableciendo conductos para llevar los gases á las parrillas y chimeneas de las fábricas y otros edificios, mejora notablemente la ventilación de las atarjeas en los puntos muy próximos, pero á consecuen-

cia del gran número de aberturas que comunican con las atarjeas de la Metrópoli, es discutible si se consumen ó no por este sistema una gran parte de los gases nocivos que se desarrollan."

"4.—Las ventilas con carbón de madera pueden usarse ventajosamente para desodorizar los gases que salen por los pozos de ventilación, y que á veces son causa de muchas quejas por la molestia que producen; pero por razón de que su empleo retarda la buena ventilación de las atarjeas, tales ventilas sólo pueden emplearse con cierta precaución y no deben aplicarse por lo general."

"5.—El sistema de desodorizar los gases de las atarjeas por medio del ácido sulfuroso se ha empleado con cierto éxito, pero la eficacia del ácido fué algunas veces neutralizada al ponerse en contacto con los vapores del agua ó de nafta."

"6.—La molestia que ocasionan los gases nocivos que se escapan por los tubos de ventilación, puede en ciertos casos evitarse por medio de un aparato del cual se desprende cloro y que se coloca en el pozo."

"7.—En el caso de que una atarjea haya estado comunicada algún tiempo con una chimenea, y que la comunicación entre la chimenea y las hornillas se haya interrumpido, no es de aconsejarse que á la acción del fuego se sustituyan corrientes de gas."

"8.—La molestia que ocasionan los pozos de ventilación puede remediarse temporalmente, sustituyendo á las rejas una tapa llena que sólo se quita cuando haya trabajadores en el interior de la atarjea."

"9.—En ciertos casos se han empleado con ventaja para regularizar la ventilación de las atarjeas, válvulas, pantallas flexibles ú otras disposiciones análogas."

C.—VARIOS PROYECTOS QUE DE TIEMPO EN TIEMPO SE HAN PRESENTADO AL CONSEJO Y QUE SE REFIEREN Á LA VENTILACIÓN DE LAS ATARJEAS.

"1.—El intento de verificar la ventilación de las atarjeas por medio de un "abanico de agua," ha fracasado por completo."

"2.—La división de las atarjeas en secciones por medio de válvulas y la conexión de cada sección con una hornilla, no es generalmente aplicable."

"3.—El sistema de ventilar las atarjeas por medio de un tubo que se comunique con las lámparas de gas de las calles, y también el sistema de usar lámparas de azufre para detener la putrefacción de las materias contenidas en las atarjeas, son ambos inaplicables."

"4.—La construcción de ventiladores mecánicos en Crossnes para remover el aire viciado de las atarjeas, no se debe poner en práctica."

"5.—El plan de ventilación que consiste en enlazar los albañales de las casas con tubos colocados en las paredes medianeras para ligarlos con las chimeneas, no se debe aplicar por regla general.

"6.—La proposición de purificar la atmósfera de las atarjeas introduciendo en ellas humo, no es practicable."

"7.—El plan de limpiar las atarjeas por medio de palas que las recorran longitudinalmente, no es practicable."

"8.—Los resultados obtenidos por medio del ventilador de patente experimentado por el Consejo, no presentan una diferencia notable respecto del ventilador común."

"9.—La recomendación de que se arroje alguna preparación líquida en los albañales para prevenir el desprendimiento de los gases, no es practicable."

Después de estas consideraciones generales acerca de la ventilación de las atarjeas, juzgo oportuno y conveniente dar una idea de los medios que se emplean en varias ciudades para obtener el resultado, porque esto nos servirá como una guía segura para definir lo que nosotros podemos hacer con más probabilidades de éxito, pues veremos cuáles son de todas las ideas que hemos expuesto, las que han tenido una confirmación más general y práctica, y concretando nuestra discusión á la de estas ideas verdaderamente prácticas, á la vez que aseguramos el resultado de las disposiciones que propondremos, podemos ser más lógicos y más concisos.

En Londres las atarjeas están ventiladas por pozos de ventilación de quince, veinte, veinticinco y treinta centímetros de diámetro colocados sobre la vertical del eje de la atarjea y á frecuentes intervalos; estos pozos están provistos en su parte superior de una cámara lateral que tiene por objeto impedir que la basura caiga en la atarjea, y la cámara está cubierta con una parrilla; los pozos de visita se emplean también para la ventilación, pero por lo general no se admite que ésta se verifique por los albañales de las casas, pues sobre éstos se construye en muchos casos un pozo de visita con tapa perforada que impide eficazmente el paso de los gases de la atarjea al interior de las casas. En un tiempo se usaron las hornillas y chimeneas de las estaciones de bombas para favorecer la ventilación, pero ahora ya no están comunicadas; se interrumpió la comunicación entre las atarjeas y las chimeneas, porque el tiro se perjudicaba mucho sin que la ventilación se modificara más que en una pequeña distancia. Según dice el Sr. Hering, el olor que se desprende de las atarjeas de la ciudad antigua es muy fuerte, siendo mucho menos perceptible en la parte nueva, y refiere que en una atarjea construída con cemento de Camberwell, que tenía sus paredes lisas y en la cual el agua corría lentamente, el olor era apenas perceptible aun seis ó siete días después de que se había lavado. En las estaciones de bombas era tan ligero que no molestaba, era mayor en tiempo seco que durante las lluvias, y mayor también los domingos que los otros días de la semana.

En Paris, la ventilación de las atarjeas se obtiene por las coladeras de las calles y en ciertos casos por tubos que terminan en la parte alta de las construcciones. No hay un olor muy marcado en las coladeras ni aun en las mismas atarjeas, sólo se percibe alguno cuando hay algo irregular en estos conductos, pero se procura removerlo prontamente. El olor más molesto se desprende de las coladeras de las atarjeas laterales, porque á veces permanecen en ellas los depósitos por varios días sin ser removidos.

En Berlin, están combinados los distintos sistemas que se

usan en Londres y en Paris, pues allí se ventilan las atarjeas por los pozos de visita, por las aberturas de las coladeras y por los albañales de las casas. El olor en las calles no es molesto y aun el de las atarjeas es poco perceptible. El que hay en las estaciones de bombas que están situados en varios puntos en el interior de la ciudad, es muy ligero, cuando no es totalmente imperceptible.

En Viena se ventilan las atarjeas por los pozos de visita, por los albañales de las casas y por los tubos para el agua pluvial.

En Liverpool se sigue el mismo sistema.

En Hamburgo la ventilación es muy completa, pues además de que todos los pozos de visita son ventiladores, cada cuarenta ú ochenta metros hay un pozo especial para el objeto, que tiene treinta centímetros de diámetro y está cubierto con una parrilla cuadrada. Los albañales para la lluvia no tienen cerradura hidráulica y los albañales de las casas y los tubos para el agua pluvial obran también como ventiladores. El olor en las atarjeas es muy ligero y rara vez perceptible en las aberturas practicadas en las calles.

En Frankfort es también muy completa la ventilación de las atarjeas, pues se obtiene por los tubos que reciben el agua pluvial, por los albañales de las casas, por medio de pozos especiales construídos con tubos de barro de veinticinco centímetros de diámetro, en ciertos casos por medio de los pozos de visita; además de esto, hay dos torres construídas en la parte más alta del sistema de desagüe, que tienen treinta y cinco metros de altura y una gran sección, y también algunas fábricas han consentido en comunicar sus parrillas con las atarjeas. El olor que se desprende de las atarjeas de Frankfort es sumamente ligero.

En Dantzic hay trescientos diez pozos de visita que se usan como ventiladores, y ciento diez y ocho pozos que tienen por único objeto ventilar las atarjeas; en ambos casos se hacía pasar antes el gas de las atarjeas al través de carbón de madera; pero ahora este sistema se ha abandonado. Todos los albañales de las casas obran como ventiladores, sin embargo, no con-

servan el mismo diámetro hasta su parte alta, pues su último tramo tiene sólo dos pulgadas, en tanto que los inferiores son de cuatro pulgadas; los tubos para el agua pluvial tienen cerradura hidráulica. Se pretendió también favorecer ta ventilación estableciendo cambios de pendiente en los pozos de visita, pero esto no puede afectar la ventilación de un modo notable.

En Brighton se obtiene la ventilación por medio de los pozos de visita y de pozos especiales, en los que antes se colocaba carbón de madera, pero lo mismo que en Dantzic este sistema ha caído en desuso.

En Oxford las atarjeas se ventilan al través de los pozos de visita y de los pozos para lámpara, permitiendo que los gases salgan por los albañales de las casas, cuando los propietarios de ellas no se oponen.

Vemos, pues, que los medios que se emplean para la ventilación de las atarjeas, consisten esencialmente en establecer una comunicación la más directa que sea posible entre el aire ambiente y la atmósfera confinada por los conductos de desagüe; sin excepción alguna esta comunicación se establece en todas partes por la calle, y en algunos casos solamente se recurre á otros medios para favorecer ó activar la circulación de los gases. Esto, como hicimos notar cuando tratábamos el asunto de un modo general, depende de que en las ciudades donde cae nieve en abundancia, los ventiladores de las calles no funcionan, y es necesario contar con otro medio que no falte en ningún caso.

En vista de todas las razones expuestas y hechos prácticos que hemos enumerado, podemos ya formular las reglas que se deben tener presentes para ventilar las atarjeas del nuevo sistema de desagüe, y que son las siguientes:

1ª—El sistema de ventilación que se usará de preferencia, será el de comunicar las atarjeas con la atmósfera á frecuentes intervalos, para que no haya ningún punto de ellas donde no sea fácil la renovación del aire.

2ª—Esta comunicación se establecerá por los pozos de visita, por los pozos para lámparas, por las coladeras de las calles

y por pozos especiales para la ventilación, que se construirán en los espacios comprendidos entre los demás, cuando éstos queden á una distancia mayor que 45. metros.

3ª—De estos pozos para ventilación, habrá un solo tipo; tal como se ve con todos sus detalles en el dibujo núm. 2 del plano núm. 7, que tienen 25 centímetros de diámetro.

4ª—Para construir las tapas de los pozos de ventilación, se observarán las mismas reglas que para las de los pozos de visita, y que se establecieron al tratar de los segundos.

5ª—Como regla general, no se debe admitir que las atarjeas se ventilen por los albañales de las casas, sino más bien establecer un pozo de ventilación sobre el albañal mismo, con el objeto de que por él se escapen los gases que tiendan á entrar al albañal.

6ª—Al distribuir los pozos de ventilación á lo largo de las atarjeas, se debe procurar que hasta donde sea posible, queden cerca de los puntos donde desemboquen los albañales que reciben el agua pluvial de las calles, para impedir que los gases de las atarjeas tiendan á salir por las aberturas de las coladeras, que no tendrán cerradura hidráulica.

7ª—Los tubos que reciben el agua pluvial de las casas, no se deben usar como ventiladores, pero no se puede aconsejar tampoco que se les ponga una cerradura hidráulica, porque la mayor parte del año no funcionaría como tal; así es que la prevención tiene más bien por objeto advertir que no se debe contar para la ventilación de las atarjeas, con que los tubos para el agua de lluvia servirán para activarla.

8ª—Si alguna fábrica ó establecimiento industrial cualquiera en donde haya alguna gran chimenea, consiente que se liguen sus hornillas con las atarjeas por medio de un conducto para que por él salgan los gases que éstas contienen, se deberá hacer el enlace con la condición, sin embargo, de que esto no ocasione un gran gasto, pues si este gasto es considerable, no se deberá erogar, porque no servirá para modificar la ventilación de las atarjeas en una extensión considerable y por lo mismo, á pesar de él, habrá que recurrir á los otros medios que se usan

en todos los demás puntos de las atarjeas donde no existe una chimenea.

9ª—Con los medios de que se dispone para lavar las atarjeas en el nuevo sistema de desagüe, no debe haber desprendimiento de gases nocivos ó molestos, con la condición de que se tenga algún cuidado en conservar expeditos los conductos y limpiarlos con la frecuencia que permite la disposición que se les ha dado; así es que, si al establecerlo y cuando ya funcione, se notare algún mal olor, será indicio de que es necesario lavar la atarjea de donde proviene ese mal olor.

10.—No se debe en ningún caso establecer máquinas para ventilar las atarjeas.

9º—ESTACIONES DE BOMBAS.

En todas las ciudades en donde es muy pequeña la diferencia de nivel que hay entre el de las calles y el de la superficie del agua en el receptor á donde tienen que concurrir los desechos líquidos de la población, se aumenta esa diferencia de nivel artificialmente por medio de bombas, con el objeto de dar á los conductos de desagüe la inclinación que necesitan.

Sería muy laborioso y de poca utilidad práctica, el hacer una descripción de todas las circunstancias generales que en los lugares donde hay bombas de desagüe se tuvieron en cuenta para definir si hubo necesidad de establecer un desagüe artificial, y tampoco sería por ahora de grande utilidad, describir con muchos detalles aquellas instalaciones que conocemos prácticamente ó cuya minuciosa descripción tenemos á la vista, pues ni en uno ni en otro caso las conclusiones á que se llega se pueden generalizar; conviene más, sin duda alguna, estudiar las circunstancias especiales de México y por ellas deducir cuál es

la solución que en concepto nuestro satisface mejor á las condiciones del problema que debemos resolver, que no divagarnos describiendo las de Londres, Berlin, Chicago, Boston ó cualquiera otra ciudad donde se emplea el desagüe artificial, pues las condiciones de éstas son muy distintas de las nuestras, y los medios que en dichas ciudades emplearon los ingenieros para salvar las dificultades con que allí tuvieron que luchar, no podrán servir de fundamento á los que nosotros propondremos para vencer las que aquí se nos presenten.

Esto explica por qué, al tratar de este punto, nos separamos del plan que venimos observando desde el principio, haciendo un estudio comparativo de lo que se hace en otras partes, para aprovechar la experiencia adquirida al deducir lo que á nosotros nos conviene. Sentamos sólo el principio de que *se emplea el desagüe artificial siempre que es necesario para dar á las atarjeas la pendiente que deben tener, con el objeto de que el agua las atraviese con la velocidad que produce el desalojamiento de los depósitos de materias sólidas que en ellas tienden á formarse*, y comenzamos desde luego el estudio de nuestras circunstancias locales.

Todos los desechos de la ciudad de México, tienen por ahora que ir al Lago de Texcoco. La altura media del piso de la Ciudad, *sobre el fondo del Lago*, no llega á dos metros, y el canal por donde van á éste las aguas de la Ciudad, tiene más de cinco kilómetros de longitud; la pendiente que resulta de estas condiciones es muy pequeña, y puede llegar á ser nula, porque depende de la altura que tienen las aguas del Lago, que en muchas ocasiones han invadido las calles bajas de la población, inundándola y causando perjuicios incalculables.

La historia conserva el recuerdo de los trabajos que desde la época del Imperio Azteca han venido emprendiendo los habitantes de la Capital para librarse de esas inundaciones que periódicamente se repetían, y con tal frecuencia, que cada generación podía recordar por lo menos dos muy importantes.

El remedio de tan grandes males, la solución de dar una salida á las aguas de todo el Valle, está propuesta desde hace si-

glos, y sin embargo, la obra no se había podido ejecutar; ahora por fortuna está en vía práctica de ejecución, y es probable que antes de mucho tiempo la veamos terminada; pero mientras tanto la Ciudad reclama imperiosamente que se modifique su desagüe interior, y no puede esperar á que se terminen las obras del Desagüe General del Valle para dar principio á los trabajos; su cultura la tiene al tanto de los progresos que otras ciudades han realizado en todo lo que á sus condiciones higiénicas se refiere; sabe que la insalubridad de los grandes centros de población depende esencialmente de que los desechos de los habitantes no encuentran una salida pronta, y por último, está convencida hasta la evidencia de que ahora nadie quiere vivir en las poblaciones insalubres, y que por lo mismo, una ciudad que está en malas condiciones higiénicas, no sólo no progresa sino que se arruina, pues va llegando el tiempo en que, así como la buena higiene es enteramente indispensable para conservar la vida al individuo, no es menos necesaria para conservar la vida de las poblaciones, y aquella que quiera subsistir, debe proporcionar á sus habitantes todas las comodidades que la ciencia y la civilización han ido creando poco á poco, para hacer más agradable y duradera la existencia.

Dimos ya un paso por el sendero que nos ha de conducir al saneamiento completo de nuestra Capital, estableciendo las bombas de San Lázaro, que nos ponen al abrigo de las invasiones del Lago, otro paso importantísimo se dará cuando se terminen las obras del Desagüe General del Valle; pero el definitivo será la construcción de las nuevas atarjeas y el saneamiento de las habitaciones.

Este paso definitivo es necesario darlo de una vez, pues requiere no sólo dinero sino tiempo, y si no se comienza pronto se acabará tal vez demasiado tarde, porque nuestra Capital confirma cada vez más, esa fama que ya tiene de ser muy insalubre, y sus condiciones higiénicas no se modificarán favorablemente y de una manera perceptible, sino cuando se construyan las nuevas atarjeas; todo lo demás no es sino el cimiento de una obra que no prestará todos los servicios que puede producir sino cuando esté concluida.

Las actuales condiciones del desagüe interior de la Ciudad, permiten que se dé principio á los trabajos sin esperar á que se terminen las obras del Desagüe del Valle, pues cuando establecimos las bombas de San Lázaro, preveíamos que se había de presentar la necesidad de acelerar la construcción del nuevo sistema de atarjeas, y como éstas se deben proyectar de acuerdo con el régimen que tomen las aguas por las obras del Desagüe General, dispusimos las bombas de manera que con ellas se pudiera establecer desde luego el mismo régimen.

Estas bombas permitirán, pues, desaguar las atarjeas que se construyan, á la profundidad que deben tener, para que descarguen por gravedad su contenido á una altura conveniente sobre el fondo del Gran Canal; pero esas máquinas se adaptaron á las presentes condiciones del desagüe interior de la Ciudad, por lo que á su capacidad de descarga se refiere, y esta capacidad no será bastante en los momentos de un fuerte aguacero, si construyendo otras atarjeas más perfectas, se acelera la velocidad con que el agua ha de salir de la Ciudad, y por lo tanto para obtener todas las ventajas que se deben esperar de la construcción de las nuevas atarjeas, puesto que entre ellas se cuenta la de dar salida en poco tiempo al producto de las lluvias, es preciso aumentar la capacidad de descarga de la actual instalación de bombas.

Si no hubiera otra razón que aducir en pro de esta idea del aumento de capacidad, tal vez sería discutible si debía aceptarse ó no, sobre todo, si las razones que nos inducen á proponerla, dependieran sólo de circunstancias que al cabo de algún tiempo tuvieran que cambiar, pero esto no es así; la mayor capacidad de las bombas será necesaria siempre, *ahora y cuando se terminen las obras del Desagüe General del Valle.*

Procuraremos desarrollar esta idea con cuanta claridad nos sea posible, para no crear dudas en el ánimo de las personas que no conozcan á fondo la cuestión, acerca de la eficacia de las obras que para el Desagüe General se están ejecutando, pues lo diremos de una vez, en nuestra opinión, *esas obras están bien proyectadas y deben llevarse adelante según el plan que en estos momentos se desarrolla.*

Al ocuparnos de la capacidad de descarga de las atarjeas, dijimos que el Gran Canal podría sólo dar sálida á cinco metros cúbicos de agua por segundo, y como los conductos del desagüe interior pueden producir en ciertos casos tres ó cuatro veces aquella cantidad, desde entonces ya iniciamos que se presentaba una dificultad cuya solución debemos ahora proponer.

En los primeros veinte kilómetros, á partir de la Ciudad, es donde la sección del Gran Canal tiene sólo las dimensiones que, en virtud de su pendiente, le permiten dar paso á los cinco metros cúbicos á que acabamos de aludir, después se ensancha del punto á donde vienen á concurrir las aguas del Lago de Texcoco en adelante, y su capacidad será de diez y siete metros cúbicos y medio por segundo. Si en aquella primera sección, que debe sólo recibir las aguas que provengan de la Ciudad, en vez de cinco metros cúbicos se introdujeran quince ó veinte por segundo, se producirían dos efectos á cual más inconvenientes: el primero, que el agua subiría en el canal á una grande altura, detendría la salida de la que contuvieran las atarjeas y por lo tanto disminuiría mucho la capacidad de descarga de éstas, haciendo hasta cierto punto infructuoso el gasto que se hubiese erogado en construirlas de grandes dimensiones. El segundo efecto sería que el agua adquiriría en el Gran Canal una velocidad considerable, sin duda alguna más que suficiente para destruir los taludes del mismo conducto, que están formados por una marga que no puede resistir á los efectos de una corriente rápida; la consecuencia necesaria de que se permitiera al agua subir más allá de los límites marcados en el proyecto, sería, pues, la inmediata destrucción de los taludes en su pie y el subsecuente deslizamiento de los mismos taludes y el azolve del Canal.

Lo primero que ocurre es, sin duda, que este conducto debería tener, desde su origen, las dimensiones suficientes para dar cabida á las aguas extraordinarias que las atarjeas de la Ciudad arrojarán á él en los momentos de un fuerte aguacero; pero sobre este punto se pueden hacer las mismas consideraciones que anotamos al tratar de la capacidad de descarga que debe

servir de base para calcular el diámetro que han de tener las atarjeas, pues al Canal se le debe considerar como un elemento que ha de contribuir al saneamiento de la Ciudad, y si se le diera una sección mayor que la que tiene proyectada, el agua no adquiriría en él, sino en casos excepcionales, la altura que necesita para alcanzar la velocidad que produce el desalojamiento de los azolves; por lo general, el agua que proviene de los desechos de la Ciudad y la que se empleara para lavar las atarjeas, se arrastraría lenta y difícilmente por el fondo de un canal con dimensiones exageradas para contener el pequeño volumen que en conjunto tendrán esos desechos y aguas de lavado, y la consecuencia forzosa de tales circunstancias sería, que estos líquidos dejaran depositados muy cerca de la Ciudad esos lodos infectos que hubiesen arrastrado al atravesar las atarjeas, ocasionando así, primero un gasto continuo para prevenir la obstrucción del Canal, y en seguida peligros para la higiene y salubridad públicas, puesto que esos azolves entran en descomposición rápidamente, y al cabo de muy poco tiempo constituyen un foco de infección.

Este último es sin duda el más grave inconveniente, por una sencillísima razón: el objsto esencial de los grandes sacrificios que la Ciudad se impone para ejecutar las Obras del Desagüe General del Valle y la construcción de las nuevas atarjeas, es mejorar sus condiciones higiénicas, destruyendo los numerosos focos de infección que en la actualidad existen; no será, pues, racional ninguna obra que por las malas condiciones de su establecimiento, constituya en lo futuro *un foco de infección que hoy no existe, sino que se creará con las mismas obras con que se pretende perfeccionar el sistema de desagüe y saneamiento.*

El conjunto de condiciones que se imponen á la solución que se dé al problema, por todas las circunstancias que acabamos de considerar, es decir, que las Obras del Desagüe sean adaptables á los gastos muy diversos á que estarán sujetas por ser necesario dar una gran capacidad de descarga á las nuevas atarjeas, son las que nos sugieren la idea de establecer *unas bombas capaces de arrojar al Lago de Texcoco el excedente de agua*

pluvial que no quepa en el Canal, para depositarla allí y darle después salida poco á poco, mezclada con el agua que cae en el resto del Valle; de esta manera las atarjeas podrán funcionar sin encontrar ningún inconveniente en su desembocadura, y á la vez el Canal se conservará limpio, no admitiendo ningún azolve formado por substancias putrescibles.

Hemos dicho ya que el Gran Canal podrá llevar sin inconveniente, en sus primeros veinte kilómetros, cinco metros cúbicos de agua por segundo; las cuatro bombas que hoy tenemos podrán desalojar otra cantidad igual, y como en el caso de una lluvia de 0m025 en una hora las atarjeas descargarán veinte metros cúbicos en la misma unidad de tiempo, resulta que es necesario establecer otras bombas que produzcan diez metros cúbicos, para satisfacer á la condición de que los dos gastos sean iguales.

Estas bombas sólo trabajarán unas cuantas horas en el año, así es que el gasto que ocasionen por el consumo de combustible, que es en México en otras condiciones de muy grande importancia, carecerá de ella en el caso del desagüe. En efecto, sólo será necesario poner á funcionar las bombas, cuando en una hora se precipiten más de ocho milímetros ó casi un centímetro de lluvia, pues cuando ésta sea menor, encontrará suficiente espacio en todos los conductos de desagüe y aun el Canal podrá conducir toda el agua que éstos lleven. Refiriéndonos al registro pluviométrico de la página 37, vemos que las lluvias de un centímetro ó más, sólo son doscientas cincuenta y dos en un período de catorce años, es decir, cosa de diez y ocho por año; y en la mayoría de los casos la precipitación se verifica en un tiempo bastante largo para que el agua pueda irse poco á poco por el Canal sin necesidad de apelar á un trabajo mecánico, y aun cuando las bombas tengan que funcionar, tal vez en diez años no se presentará un caso de que la duración media del trabajo activo de toda la instalación sea de tres horas.

Suponemos nosotros, sólo para tomar el caso más desfavorable, *alejándonos muchísimo de la realidad*, que todas esas llu-

vias se precipiten en un tiempo tal que exigirán el trabajo de las máquinas y que en todas también, la duración media del trabajo activo sea de tres horas, lo cual dará un total de *cincuenta y cuatro horas de trabajo al cabo del año;* el gasto de carbón no excederá de cincuenta á sesenta toneladas en el mismo período de tiempo.

El hecho de ser tan pequeño el gasto de combustible, establece la condición de que las *máquinas sean sencillas y de establecimiento económico*, pues no costeará sin duda erogar grandes gastos en comprar y establecer máquinas muy costosas, cuyos perfeccionamientos tienden á hacerlas económicas de combustible.

Oportunamente daremos los detalles de la instalación, tal como se debe hacer á nuestro juicio, si por considerarse buenas las razones que le sirven de fundamento, se acepta en principio la idea de un modo general, pero si llega á ser necesario, si se suscita alguna discusión, podremos demostrar con más datos y razones que ella resuelve la dificultad de un modo práctico y económico á la vez.

En varias circunstancias ha sido preciso ya decir en el curso de este informe, que es necesario introducir á las atarjeas de la Ciudad el agua de los lagos de Chalco y Xochimilco, y fundamos en esto el medio que propondremos para conservarlas siempre limpias. En la primera parte enunciamos esto de un modo general, y en la segunda, al ocuparnos de los alineamientos comenzamos á concretar, hablando de las funciones que debían llenar los conductos que llamamos *atarjeas de distribución.* Llegó ya la oportunidad de que estudiemos la manera de conseguir que el agua entre por la parte más alta de los conductos de desagüe, á fin de conducirla después á donde convenga y obtener así el resultado que nos proponemos.

En éste, como en todos los demás casos en que se trata de conducir agua, lo natural es investigar primero si es posible que vaya por su propia gravedad al punto donde se necesita en posición y altura, y para hacer esta investigación, es preciso conocer los datos relativos á la distancia y diferencia de nivel entre los puntos de partida y llegada.

El primero de éstos, en el caso que estudiamos, debemos considerarlo situado en el punto llamado Compuerta de Más-Arriba, que es por donde salen generalmente todas las aguas de los Lagos de Chalco y Xochimilco, pues muy rara vez se hace funcionar la otra salida que tienen por la falda oriental del cerro de la Estrella, y que se conoce con el nombre de "Canal de Garay;" de esta segunda salida no debemos ocuparnos, porque estando mucho más distante del punto de llegada, por lo que se refiere á la distancia y al costo, queda en peores condiciones que la toma de la Compuerta de Más-Arriba. Esta es, pues, la que aceptamos; ella vierte sus aguas en el Canal Nacional, y lo alimenta durante todo el año; este Canal á su vez, descarga en el Lago de Texcoco por varios ramales que parten de diversos puntos de su margen derecha, comprendidos entre Culhuacán y la Compuerta de Santo Tomás.

El desarrollo del Canal Nacional entre las dos compuertas á que nos acabamos de referir, es de trece mil trescientos setenta y cinco metros, y la diferencia de nivel de la superficie del agua en esos dos puntos varía entre uno y medio y dos metros poco más ó menos, según la altura á que las lluvias hayan hecho subir las aguas de los Lagos y las del Canal; la pendiente que de tales circunstancias resulta es, pues, variable entre 0.0001 y 0.00015.

El canal de derivación que establecimos con el objeto de conducir el agua del Nacional á la parte occidental de la Ciudad, es el más á propósito para conseguir este resultado, pues aun cuando sería posible llevarla por otra parte, el hecho de que hay intereses ligados á la existencia del Canal Nacional, las indemnizaciones del terreno que ocupara el nuevo cauce y el costo de la apertura, harían subir los gastos á una cantidad tan importante, que nulificarían las ventajas que pudiera haber en desviar desde su origen el curso del agua, en ventajas tan pequeñas si se estudia á fondo la cuestión, que no puede caber duda acerca de la conveniencia de conservar el curso actual; sin entrar en más pormenores, admitimos desde luego que esto es cierto, á reserva de probarlo con más razones si es nece-

sario alguna vez, y comenzamos á analizar las condiciones bajo las cuales el agua se moverá siguiendo primero el canal de Derivación y después la zanja que limita por el Sur á la calzada de Chapultepec, pues para obtener el resultado que deseamos, es preciso disponer del agua de los lagos de Chalco y Xochimilco en el ángulo Noreste del terreno que ocupa el Bosque de Chapultepec, precisamente en el punto donde comienza la Calzada de la Verónica.

La longitud del Canal de Derivación, desde la garita "Iglesias" á la de "Porfirio Díaz," que son los puntos donde comienza y termina respectivamente, es de tres mil seiscientos metros; y la de la zanja que limita á la Calzada, desde el punto donde se inserta en ella el Canal de Derivación hasta Chapultepec, es de dos mil seiscientos metros; de aquí resulta que la distancia total que el agua tiene que recorrer desde donde se deriva su corriente en la garita "Iglesias" hasta Chapultepec, es de seis mil doscientos metros.

La acotación del agua en el origen del Canal de Derivación, en la citada garita "Iglesias," no debe exceder de 8.20, referida al plano de comparación de la Ciudad, pues, por una parte, siempre que es mayor, ocasiona perjuicios á los pueblos ribereños del Canal, y por otra, mientras más suba el nivel en la parte inferior, más se reduce la pequeñísima pendiente de que vimos se dispone para traer el agua de los Lagos.

Esa acotación de 8.20 es la que con los elementos de longitud y sección del Canal, nos servirá de base para determinar la altura á que puede llegar á Chapultepec el agua á que nos venimos refiriendo; pero antes debemos hacer algunas consideraciones acerca del volumen del líquido que ha de pasar por el conducto, á fin de completar los datos que son indispensables para deducir la pendiente que á éste se le debe dar, porque esa es la incógnita del problema.

Por los datos que se sirvieron comunicarnos los Sres. Ingenieros D. Luis Espinosa y D. Enrique Rodríguez, se deduce que durante el año entero se puede contar con que vendrán por el Canal *dos mil quinientos litros de agua por segundo;* es decir, es-

ta cantidad es la mínima, pues aumenta considerablemente en la época de lluvias. En mi concepto, se deben disponer las obras para aprovechar todo ese volumen y aun para recibir tres metros cúbicos, pues no será difícil obtenerlos, unas veces porque los produzca el caudal de la corriente, y otras porque debiéndose aprovechar las aguas según todas las probabilidades, de un modo intermitente, es posible almacenar cierta cantidad de reserva en los canales mismos, para emplearla en los momentos en que se necesita; y es sin duda alguna conveniente disponer de una masa de agua considerable, tanto para proveer á todas las contingencias que se presentarán en la práctica al limpiar y lavar los conductos de desagüe, como por el ensanche que más tarde se ha de dar al sistema de atarjeas que ahora proyectamos.

Admitimos, pues, nosotros, que todas las obras se han de disponer de manera que puedan recibir tres mil litros de agua por segundo.

En cuanto á la sección del Canal, es preciso aceptar la que tiene el de Derivación, cinco metros de ancho en el fondo con taludes de uno por uno, y admitiendo que el agua no se eleve á más de un metro de altura sobre el fondo, la superficie de la sección del agua será de seis metros cuadrados, y por lo tanto, para que por ella pasen tres metros cúbicos por segundo, la velocidad deberá ser de cincuenta centímetros en esta unidad de tiempo.

Reasumiendo los datos para mayor claridad, encontramos lo siguiente:

Longitud del Canal hasta Chapultepec...................	6 . 200 m
Ancho en el fondo..	5 m
Taludes..	1 × 1
Profundidad del agua..	1 m
Superficie de la sección del agua.........................	6 m²
Perímetro mojado..	7 . 82
Radio medio (R)..	0 . 76
$\sqrt{R}$	0 . 87
Gasto que el Canal ha de producir (Q)..................	3 m³
Velocidad del agua (v)..	0 . 50
Acotación del Canal en la garita "Iglesias".........	8 . 20

y aplicando con ellos la fórmula de Kutter con el coeficiente $n = 0.025$ que corresponde á los canales de tierra, encontramos sucesivamente:

$$c = 38.5 \ldots\ldots\ldots\ldots s = \frac{v^2}{c^2\ R} = 0.00022$$

luego el Canal debe tener una pendiente de *veintidós cienmilésimos* para que en las condiciones anteriormente asentadas, produzca un gasto de tres metros cúbicos por segundo, y atendiendo á que su longitud es de *seis mil doscientos metros*, deberá tener *un metro treinta y seis centímetros* de diferencia de nivel entre sus dos extremidades, y como la acotación del agua en el punto de partida en la garita "Iglesias" es de 8.20, la que tendrá en el de llegada será de *seis metros ochenta y cuatro centímetros* (6.84).

Conocemos, pues, ya, la altura á que puede llegar el agua en Chapultepec; pero falta determinar la altura á que es necesario tenerla para que se pueda aprovechar, la cual determinaremos muy fácilmente por medio de los datos contenidos en el plano.

Allí vemos que la extremidad occidental de la atarjea de distribución, núm. 5, tiene una acotación de 8.85; que su desarrollo será de 4382 m, y su pendiente de 0.0004: de donde resulta que el extremo meridional de la atarjea general de distribución, deberá tener en el fondo una acotación de 10.60; y admitiendo que dicha atarjea tenga 1.20 de altura, el nivel del agua deberá estar á 11.80 de acotación, y como el agua de la Viga no puede llegar á Chapultepec sino á 6.84, será necesario elevarla *cinco metros* en números redondos, y por lo tanto, instalar allí unas bombas capaces de desempeñar ese trabajo.

Al ocuparnos del sistema de conservación de las atarjeas de la Ciudad, daremos algunos datos acerca del costo que tendrá el hacer la limpia por medio de corrientes de agua, pues aun cuando sea necesario elevarla, ella proporcionará el medio más económico, y lo repetimos otra vez: *el único eficaz* para conservar siempre en estado de perfecto aseo á los conductos de desagüe.

Establecemos sólo por ahora, que es absolutamente indispensable hacer *en Chapultepec una instalación de bombas capaces de elevar tres metros cúbicos de agua por segundo á cinco metros de altura.* Estas bombas deben ser muy perfectas, "compound" y de condensador de superficie, á fin de que sean económicas de combustible, pues deberán trabajar todos los días una gran parte del año.

TABLA I.

VALORES DEL COEFICIENTE c, EN FUNCIÓN DE $\sqrt{r}$.

$\sqrt{r}$	c	$\sqrt{r}$	c	$\sqrt{r}$	c	$\sqrt{r}$	c
0,110	42,19	0,331	55,31	0.552	62,53	0.773	67,72
.116	42,74	,337	55,53	,558	62,70	.777	67,84
,121	42.80	.342	55,75	.563	62,81	.784	67.90
,127	43,79	,348	55,97	,568	62,98	,794	68,02
,132	44,30	,353	56.14	,574	63,12	,800	68.13
.138	44.79	,359	56,36	,580	63,23	,806	68,20
,143	45,24	.364	56,58	,585	63.40	,811	68,31
,149	45,62	,370	56,80	,590	63,56	.817	68,37
,154	46,01	,375	56.97	.596	63,73	.822	68.48
,160	46,45	,381	57,19	,602	63,89	,828	68,55
,166	46,84	,386	57.41	,607	64,00	,833	68,66
,171	47,23	.392	57,58	,613	64,17	.839	68,72
.177	47.56	,397	57.80	,618	64,23	.845	68,77
,182	47,95	,403	57,97	,623	64,40	,850	68,83
.188	48.28	,408	58.14	.629	64,51	,856	68,88
,193	48.61	,414	58,36	,635	64,67	.861	68.99
.199	48,95	.420	58.53	,640	64.78	,866	69.05
,204	49.28	.425	58,69	.646	64,89	,872	69.10
,210	49,55	.430	58,86	,651	65.06	,878	69,16
,215	49.89	.436	59,08	,657	65,17	,883	69.16
,221	50,22	,442	59,25	,662	65,33	.888	69,22
,226	50,49	.447	59,41	.668	65,44	,894	69.27
,231	50.77	,453	59,58	,673	65,61	.900	69,27
,237	51,05	,458	59,75	,678	65,72	.905	69,32
,243	51,33	,463	59,91	,684	65,83	,911	69,32
,248	51,60	,469	60.13	,690	65,94	,916	69,38
,254	51,87	.475	60,30	.696	66,11	.922	69,38
,259	52,16	,480	60.46	.701	66,22	.927	69,43
,265	52,43	,486	60,63	,707	66,33	,933	69,43
,270	52,71	,491	60,80	,712	66,45	.938	69,43
,276	52,93	,497	60,96	,717	66,62	,944	69,43
,281	53,21	,502	61,12	,723	66.73	.949	69,43
,287	53,43	,508	61,29	,729	66,84	.955	69,48
,292	53,65	,513	61,46	,734	66.95	,960	69,48
,298	53,93	,519	61,57	,740	67,06	.966	69.48
,304	54,15	,524	61,74	,745	67,18	.971	69,54
,309	54,37	.530	61,91	,751	67,28	.977	69.54
,315	54,59	,535	62,08	,756	67,39	.982	69,54
,320	54,81	,541	62.25	,762	67.50	.988	69,54
,326	55,03	,546	62,36	,767	67,61	,993	69,60

TABLA II.

PRODUCTO DE UNA LLUVIA DE 0m. 025 POR HORA, EN LA PARTE BAJA DE LAS SUPERFICIES QUE EXPRESA LA 1ª COLUMNA.

Fórmulas empleadas.........$q=c\sqrt{\frac{s}{A}}$. $Q=A\ q$.

A Areas.	q Gastos por hectárea.	Q Gasto total.	A Areas.	q Gastos por hectarea.	Q Gasto total.
H	lits.	lits.	H	lits.	lits.
1	41.70	41.70	50	15.68	784.05
2	35.07	70.14	60	14.98	898.98
3	31.68	95.04	70	14.42	1009.40
4	29.49	117.96	75	14.17	1062.75
5	27.89	139.45	100	13.19	1319.00
6	26.64	159.84	125	12.47	1558.75
7	25.64	179.48	150	11.91	1786.50
8	24.79	198.32	175	11.46	2005.50
9	24.08	216.72	200	11.09	2218.00
10	23.45	234.50	250	10.49	2622.50
15	21.19	317.85	300	10.02	3006.00
20	19.72	394.38	350	9.64	3374.00
25	18.65	466.22	400	9.32	3728.00
30	17.82	534.54	450	9.05	4072.50
35	17.14	599.90	500	8.82	4410.00
40	16.58	663.24	—	—	—

TABLA III.

VELOCIDAD Y GASTO EN UN TUBO DE 0.m. 15 DE DIÁMETRO Y CON PENDIENTES VARIABLES.

Fórmulas empleadas $v=c\sqrt{r\ s}$, $Q=A\ v$.

S Pendientes.	v Velocidad.	Q Gasto.
		(m)³
0.0040	0.m. 60	0. 0106
.0042	. 61	. .0108
.0044	. 62	. 0110
.0046	. 64	. 0113
.0048	. 66	. 0117
.0050	. 67	. 0118

En la fórmula $v=c\sqrt{rs}$, empleada para determinar la velocidad, v es la velocidad.

c, es un coeficiente cuyo valor está en la tabla I, que tiene como argumento $\sqrt{r}$.

r, es el radio medio, que en las atarjeas de sección circular es la cuarta parte del diámetro ó la mitad del radio. Los valores de r, para los distintos tipos de atarjeas que se han de emplear, se encuentran en la tabla 25ª

s, es la pendiente.

La primera pendiente en cada una de estas tablas, es la menor que se puede dar á estas atarjeas para que el agua adquiera la velocidad mínima admitida, de 0m. 60, por segundo.

TABLA IV.

VELOCIDAD Y GASTO EN UN TUBO DE 0m. 20 DE DIÁMETRO CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m^3)	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m^3)
0.0029	0.m. 60	0. 0188	0.0042	0.m. 73	0. 0229
0.0031	0. 63	0. 0198	0.0044	0. 74	0. 0232
0.0033	0. 64	0. 0201	0.0046	0. 76	0. 0239
0.0035	0. 66	0. 0207	0.0048	0. 77	0. 0242
0.0037	0. 68	0. 0213	0.0050	0. 80	0. 0251
0.0040	0. 71	0. 0223	—	—	—

TABLA V.

VELOCIDAD Y GASTO EN UN TUBO DE 0m. 25 DE DIÁMETRO CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m^3)	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m^3)
0.0021	0.m. 60	0. 0295	0.0037	0.m. 79	0. 0388
0.0023	0. 62	0. 0304	0.0039	0. 82	0. 0403
0.0025	0. 63	0. 0309	0.0040	0. 83	0. 0407
0.0027	0. 64	0. 0314	0.0042	0. 84	0. 0412
0.0029	0. 66	0. 0324	0.0044	0. 86	0. 0422
0.0031	0. 72	0. 0353	0.0046	0. 88	0. 0432
0.0033	0. 75	0. 0368	0.0048	0. 90	0. 0442
0.0035	0. 76	0. 0373	0.0050	0. 92	0. 0452

TABLA VI.

VELOCIDAD Y GASTO EN UN TUBO DE $0^{m.}30$ DE DIÁMETRO CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³
0.0017	0.m· 60	0. 042	0.0045	0.m· 97	0. 069
0.0020	0. 65	0. 046	0.0050	1. 02	0. 072
0.0025	0. 72	0. 051	0.0055	1. 07	0. 076
0.0030	0. 79	0. 056	0.0060	1. 12	0. 079
0.0035	0. 85	0. 060	0.0065	1. 17	0. 083
0.0040	0. 91	0. 065	0.0070	1. 21	0. 086

TABLA VII.

VELOCIDAD Y GASTO EN UN TUBO DE $0^{m.}35$ DE DIÁMETRO CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³
0.0014	0.m· 60	0. 058	0.0045	1.m· 07	0. 103
0.0015	0. 62	0. 059	0.0050	1. 13	0. 108
0.0020	0. 71	0. 068	0.0055	1. 18	0. 113
0.0025	0. 80	0. 077	0.0060	1. 23	0. 118
0.0030	0. 87	0. 083	0.0065	1. 28	0. 123
0.0035	0. 94	0. 090	0.0070	1. 33	0. 127
0.0040	1. 00	0. 096	—	—	—

TABLA VIII.

VELOCIDAD Y GASTO EN UN TUBO DE $0^{m.}40$ DE DIÁMETRO CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³
0.0012	0.m· 60	0. 075	0.0045	1.m· 16	0. 146
0.0015	0. 67	0. 084	0.0050	1. 22	0. 153
0.0020	0. 77	0. 097	0.0055	1. 28	0. 161
0.0025	0. 86	0. 108	0.0060	1. 34	0. 169
0.0030	0. 95	0. 119	0.0065	1. 39	0. 175
0.0035	1. 02	0. 128	9.0070	1. 44	0. 181
0.0040	1. 09	0. 137	—	—	—

TABLA IX.

VELOCIDAD Y GASTO EN UN TUBO DE 0m. 45 DE DIÁMETRO, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$
0.0010	0.m. 60	0. 094	0.0045	1.m. 25	0. 199
0.0015	0. 72	0. 114	0.0050	1. 32	0. 209
0.0020	0. 83	0. 132	0.0055	1. 38	0. 219
0.0025	0. 93	0. 148	0.0060	1. 44	0. 229
0.0030	1. 02	0. 162	0.0065	1. 49	0. 238
0.0035	1. 10	0. 175	0.0070	1. 56	0. 247
0.0040	1. 17	0. 186	—	—	—

TABLA X.

VELOCIDAD Y GASTO EN UN TUBO DE 0m. 50 DE DIÁMETRO, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$
0.0009	0.m. 60	0. 118	0.0040	1.m. 25	0. 245
0.0010	0. 63	0. 123	0.0045	1. 33	0. 261
0.0015	0. 77	0. 151	0.0050	1. 41	0. 276
0.0020	0. 88	0. 172	0.0055	1. 47	0. 288
0.0025	0. 99	0. 194	0.0060	1. 53	0. 300
0.0030	1. 08	0. 211	0.0065	1. 60	0. 313
0.0035	1. 17	0. 229	0.0070	1. 66	0. 325

TABLA XI.

VELOCIDAD Y GASTO EN UN TUBO DE 0m. 55 DE DIÁMETRO, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$
0.0008	0.m. 60	0. 142	0.0040	1.m. 33	0. 316
0.0010	0. 67	0. 159	0.0045	1. 41	0. 335
0.0015	0. 82	0. 195	0.0050	1. 49	0. 354
0.0020	0. 94	0. 223	0.0055	1. 56	0. 371
0.0025	1. 05	0. 249	0.0060	1. 63	0. 387
0.0030	1. 15	0. 273	0.0065	1. 70	0. 403
0.0035	1. 25	0. 296	0.0070	1. 76	0. 418

TABLA XII.

VELOCIDAD Y GASTO EN UN TUBO DE $0^{m.}60$ DE DIÁMETRO, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$
0.0007	0.m. 60	0. 169	0.0040	1.m. 40	0. 395
0.0010	0. 70	0. 197	0.0045	1. 49	0. 420
0.0015	0. 86	0. 243	0.0050	1. 57	0. 443
0.0020	0. 99	0. 279	0.0055	1. 65	0. 465
0.0025	1. 11	0. 313	0.0060	1. 72	0. 485
0.0030	1. 21	0. 341	0.0065	1. 79	0. 504
0.0035	1. 31	0. 369	0.0070	1. 86	0. 524

TABLA XIII.

VELOCIDAD Y GASTO EN UNA ATARJEA OVOIDE DEL TIPO NÚM. 1, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$
0.0006	0.m. 60	0. 248	0.0035	1.m. 44	0. 595
0.0010	0. 77	0. 318	0.0040	1. 54	0. 636
0.0015	0. 94	0. 388	0.0045	1. 63	0. 673
0.0020	1. 09	0. 450	0.0050	1. 72	0. 710
0.0025	1. 22	0. 504	0.0055	1. 81	0. 747
0.0030	1. 33	0. 549	0.0060	1. 88	0. 776

TABLA XIV.

VELOCIDAD Y GASTO EN UNA ATARJEA OVOIDE DEL TIPO NÚM. 2, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. $(m)^3$
0.00036	0.m. 60	0. 558	0.0030	1.m. 71	1. 590
0.0005	0. 70	0. 653	0.0035	1. 85	1. 720
0.00075	0. 86	0. 798	0.0040	1. 97	1. 832
0.0010	0. 99	0. 921	0.0045	2. 10	1. 953
0.0015	1. 21	1. 125	0.0050	2. 23	2. 074
0.0020	1. 40	1. 302	0.0055	2. 32	2. 158
0.0025	1. 57	1. 460	0.0060	2. 43	2. 260

TABLA XV.

VELOCIDAD Y GASTO EN UNA ATARJEA OVOIDE DEL TIPO NÚM. 3, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³
0.00046	0.m 60	0. 398	0.0035	1.m 65	1. 094
0.00075	0. 76	0. 508	0.0040	1. 77	1. 173
0.0010	0. 88	0. 583	0.0045	1. 87	1. 239
0.0015	1. 08	0. 716	0.0050	1. 98	1. 313
0.0020	1. 25	0. 829	0.0055	2. 07	1. 372
0.0025	1. 40	0. 928	0.0060	2. 16	1. 432
0.0030	1. 53	1. 014	—	—	—

TABLA XVI.

VELOCIDAD Y GASTO EN UNA ATARJEA OVOIDE DEL TIPO NÚM. 4, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³
0.00075	0.m 60	0. 171	0.0035	1.m 29	0. 367
0.0010	0. 69	0. 197	0.0040	1. 38	0. 393
0.0015	0. 84	0. 239	0.0045	1. 46	0. 416
0.0020	0. 97	0. 276	0.0050	1. 55	0. 442
0.0025	1. 09	0. 310	0.0055	1. 62	0. 462
0.0030	1. 19	0. 339	0.0060	1. 68	0. 479

TABLA XVII.

VELOCIDAD Y GASTO EN UNA ATARJEA OVOIDE DEL TIPO NÚM. 5, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m)³
0.00067	0.m 60	0. 208	0.0040	1.m 46	0. 507
0.0010	0. 73	0. 253	0.0045	1. 55	0. 538
0.0015	0. 89	0. 309	0.0050	1. 63	0. 566
0.0020	1. 03	0. 357	0.0055	1. 71	0. 593
0.0025	1. 15	0. 399	0.0060	1. 78	0. 619
0.0030	1. 26	0. 437	0.0065	1. 86	0. 645
0.0035	1. 37	0. 475	0.0070	1. 93	0. 670

TABLA XVIII.

VELOCIDAD Y GASTO EN UNA ATARJEA CIRCULAR DE 1m. 25 DE DIÁMETRO, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m^3)	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m^3)
0.00029	0.m. 60	0. 735	0.0030	1.m. 92	2. 352
0.0005	0. 78	0. 955	0.0035	2. 07	2. 536
0.00075	0. 96	1. 176	0.0040	2. 22	2. 719
0.0010	1. 11	1. 359	0.0045	2. 35	2. 879
0.0015	1. 36	1. 666	0.0050	2. 48	3. 038
0.0020	1. 57	1. 923	0.0055	2. 60	3. 185
0.0025	1. 75	2. 143	0.0060	2. 71	3. 319

TABLA XIX.

VELOCIDAD Y GASTO EN UNA ATARJEA CIRCULAR DE 1m. 50 DE DIÁMETRO, CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m^3)	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m^3)
0.00023	0.m. 60	1. 059	0.0035	2.m. 32	4. 096
0.0005	0. 88	1. 554	0.0040	2. 48	4. 379
0.0010	1. 24	2. 189	0.0045	2. 63	4. 643
0.0015	1. 52	2. 683	0.0050	2. 77	4. 891
0.0020	1. 75	3. 090	0.0055	2. 91	5. 138
0.0025	1. 96	3. 460	9.0060	3. 04	5. 367
0.0030	2. 15	3. 796	—	—	—

TABLA XX.

VELOCIDAD Y GASTO EN UNA ATARJEA CIRCULAR DE 1m. 75 DE DIÁMETRO, Y CON PENDIENTES VARIABLES.

Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m^3)	Pendientes.	Velocidad.	Gasto. (m^3)
0.00019	0.m. 60	1. 443	0.0035	2.m. 55	6. 132
0.0005	0. 97	2. 333	0.0040	2. 73	6. 565
0.0010	1. 36	3. 271	0.0045	2. 90	6. 974
0.0015	1. 67	4. 016	0.0050	3. 05	7. 335
0.0020	1. 93	4. 641	0.0055	3. 20	7. 696
0.0025	2. 16	5. 195	0.0060	3. 34	8. 033
0.0030	2. 36	5. 676	—	—	—